

R ESTORATION AND REHABILITATION OF
DEGRADED MOUNTAIN ECOSYSTEM
ON THE UPPER MINJIANG RIVER

山地退化生态系统的 恢复与重建

——理论与岷江上游的实践

◎ 主 编 吴 宁
◎ 副主编 刘 庆

四川出版集团
四川科学技术出版社

山地退化生态系统的 恢复与重建

——理论与岷江上游的实践

主 编 吴 宁
副 主 编 刘 庆

四川出版集团·四川科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

山地退化生态系统的恢复与重建——理论与岷江上游的实践/吴宁主编,
刘庆副主编. - 成都:四川科学技术出版社,2007.8

ISBN 978 - 7 - 5364 - 6045 - 4

I. 山… II. 吴… III. 刘… IV. 山地退化 - 生态系统 - 研究
V. S727.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 017959 号

SHANDI TUIHUA SHENGTAIXITONG DE HUIFU YU CHONGJIAN

山地退化生态系统的恢复与重建

——理论与岷江上游的实践

主 编 吴 宁
副 主 编 刘 庆
责任编辑 牛小红
封面设计 四川新设计公司
版面设计 翁宜民
责任出版 邓一羽
出版发行 四川出版集团·四川科学技术出版社
成都市三洞桥路 12 号 邮政编码 610031
成品尺寸 210mm × 285mm
印 张 21.75 字数 630 千 插页 7
印 刷 四川省印刷制版中心有限公司
版 次 2007 年 8 月成都第一版
印 次 2007 年 8 月成都第一次印刷
印 数 1 - 1 000 册
定 价 90.00 元(精)

ISBN 978 - 7 - 5364 - 6045 - 4

■ 版权所有·翻印必究 ■

■ 本书如有缺页、破损、装订错误,请寄回印刷厂调换。

■ 如需购本书,请与本社邮购组联系。

地址/成都市三洞桥路 12 号 电话/(028)87734081
邮政编码/610031

本书编委会名单

主 编 吴 宁
副主编 刘 庆
编 委 (按姓氏笔画为序)
王士革 包维楷 刘 庆
吴 宁 李荣伟 陈庆恒
陈国阶 罗 鹏 潘开文

作 者 (按姓氏笔画为序)
丁建林 马玉庆 王士革 王乐辉
王进闯 王春明 王道杰 尹华军
石福孙 叶延琼 包维楷 乔永康
向 双 刘 庆 孙 鹏 杨 燕
李荣伟 吴 宁 吴 彦 何 今
何其华 何 海 冶莲萍 张小刚
张咏梅 陈庆恒 陈秀明 陈劲松
陈国阶 陈晓清 林 波 易少良
罗 鹏 周 麟 庞学勇 孟令彬
姚永桥 涂建军 曹亚玲 宿以明
韩 越 游 勇 谢 洪 鲍 文
樊 宏 潘开文

前言

QIAN YAN

岷江是长江上游最重要的支流之一,其上游地区位于青藏高原东缘的高山峡谷地带,是国家生态治理的重点区域之一。流域面积 2.3 万 km^2 ,人口 38 万余人,是我国主要的羌族聚居区和四川省的第二大藏区,自古以来就是我国一条重要的民族走廊。同时,生态环境的过渡性,又使该地区在自然景观和文化积淀上形成了举世瞩目的旅游资源。

岷江上游地区是我国西部自然资源的富集区之一,生物多样性丰富而独特,是世界生物多样性的热点地区 and 我国生物多样性保护的关键地区之一,拥有众多的国家和地方自然保护区。这里是我国三大林区的重要组成部分,又是许多道地药材的分布和主产区。茂密的原始森林、广袤的高山草原构成了“天府之国”的生态屏障,几千年来支撑着沃野千里的成都平原的发展与繁荣。因此,其生态环境状况不仅直接影响着长江上游产业带的生态安全,还关系到整个流域的社会经济可持续发展。在西部大开发、构建和谐社会和建设社会主义新农村的今天,保护和建设这样一个十分脆弱的生态屏障就成为一名十分崇高的国家战略需求,成为长江上游生态屏障建设的重要组成部分。

岷江上游曾为促进国民经济发展进行过大规模的农业建设、林业资源开发以及城市与基础设施建设,但近几十年来人类活动的过度干扰引发的生态环境退化也在不断地吞噬与消解着经济建设的成果,特别是大规模的以森林资源、水资源和土地资源为主的开发,超过了脆弱山地系统的承载能力和抵御能力,从而驱动了整个山地系统的严重退化,造成国民经济与人民生命财产的巨大损失和浪费,环境与发展的矛盾在这里表现得十分突出。作为国家“天然林保护”和“退耕还林(草)”等生态建设工程的重要实施区,处理好发展需求与发展可持续性的矛盾是生态建设的重要任务之一,也是构建社会主义和谐社会的一项重要任务。

面对困难和挑战,科技部、中国科学院和四川省人民政府携手并进,急国家之所急,想贫困山区群众之所想,先后启动了针对岷江上游退化生态系统恢复与重建的重大科技项目(简称“岷江项目”),主要有中国科学院成都生物研究所、中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所主持的“岷江上游典型退化生态系统恢复与重建试验示范”(KSCX1-07),该项目为中国科学院“知识创新工程”重大项目,也是中国科学院“西部行动计划”五大试区重大项目之一,于 2000 年 6 月启动,2004 年 9 月和 2005 年 5 月分别通过了由中国科学院组织的现场验收和总验收。参加该项目的单位还有中国科学院昆明植物研究所、中国科学院西双版纳植物园、中国科学院植物研究所、中国科学院动物研究所、

四川省林业科学研究院、四川省自然资源研究所、四川省草原研究院(原四川省草原研究所)以及不同学科的科学家;中国科学院成都生物研究所主持、四川省林业科学研究院参加的“十五”国家科技攻关课题“岷江上游山地退化生态系统重建技术与示范”(2001BA606A-05)于2001年6月启动,2005年10月和12月分别通过了由科技部、中国21世纪议程管理中心、四川省科技厅组织有关专家进行的现场验收和总验收。这些项目在岷江上游地区阿坝藏族羌族自治州(以下简称阿坝州)的有关县开展研究和试验示范,得到了地方各级部门的大力支持,其中参加试验示范的地方部门包括四川省阿坝州科学技术局、中共松潘县委组织部、松潘县农牧局、松潘县林业局、松潘县科技局、茂县科技局、茂县农业局、茂县林业局、理县林业局、川西林业局、汶川科技局和阿坝州科学技术研究院林业研究所等单位。

五年来通过项目组全体成员的共同努力,常年坚持在环境条件艰苦的岷江上游地区开展研究工作,取得了显著的成绩。本专著不仅是对上述项目研究成果的归纳,同时也是对岷江上游地区多年的科学考察和研究成果的总结,全书共分十二章,主要内容包括岷江上游的生态环境背景、山地不同生态系统的恢复重建、生态农业、山地灾害防治、苗木繁育技术、生态恢复机理、生态系统管理和生态区划与生态建设规划等。

本专著有四十多位同志参加了编写工作,各章的编写人员分别为:前言,吴宁、刘庆;第一章,罗鹏、吴宁;第二章,吴宁、罗鹏、石福孙;第三章,吴宁、罗鹏、石福孙、丁建林;第四章,罗鹏、易少良、吴宁;第五章,刘庆、陈劲松、潘开文、林波、何海、尹华军、杨燕、吴彦、王进闯;第六章,李荣伟、陈秀明、王乐辉、宿以明、孙鹏;第七章,包维楷、庞学勇、张咏梅、鲍文、孟令彬;第八章,包维楷、庞学勇、何其华、王春明、张咏梅;第九章,向双、丁建林、陈庆恒、马玉庆、冶莲萍、姚永桥、韩越;第十章,谢洪、王士革、周麟、张小刚、王道杰、陈晓清、游勇;第十一章,曹亚玲、林波、刘庆、何今、何海、乔永康、陈劲松;第十二章,涂建军、叶延琼、樊宏、陈国阶。最后由吴宁、刘庆、陈劲松负责全书的统稿汇总,并由吴宁统一校对。因此可以说本专著是许多科技工作者长期辛勤劳动的结晶。另外,还有很多参加岷江项目研究的同志,虽然他们没有参加本专著的编写,但也对该项研究成果作出了重要贡献。

在总结岷江项目的成果和本专著完成之际,我们不会忘记岷江项目的奠基人——前首席科学家刘照光先生。在岷江项目启动的初期,刘照光先生不幸因病于2001年12月仙然而去。我们不会忘记正是在他的带领下的那十余年在岷江上游坚持不懈的探索,才使得岷江上游这一国家重点生态治理地区有了生态恢复与重建的科学基础,也正是他亲手搭建的技术平台和培养的青年科学家队伍,才使得岷江项目得以启动和顺利实施。今天,我们携手共撰此书,正是希望能以此告慰刘照光先生。同时,我们也要感谢科技部、中国科学院、中国21世纪议程管理中心、四川省科技厅等有关部门对岷江项目的支持,以及老一辈科学家对岷江项目工作的现场指导和科学建议。

由于编写时间仓促,积累的资料有限,同时岷江上游的生态恢复还有许多内容需要进行长期监测研究,因此,书中难免存在缺点和不足,我们恳请读者批评指正!希望本专著的问世,能为西部地区进一步的生态建设和我国恢复生态学的发展起到积极的推动作用,为此,我们将深感欣慰!

市书编委会

目 录

第 1 章 引言——退化与恢复	1
1.1 生态退化及其影响	1
1.2 生态恢复的概念	5
1.3 生态恢复的途径及相关术语	6
1.4 生态恢复的必要性	8
1.5 恢复生态学及其发展	9
1.6 生态恢复的基本原理	11
第 2 章 岷江上游地区的生态环境及社会经济	19
2.1 岷江上游地区的自然概况	19
2.2 岷江上游地区的社会、文化及经济特征	28
第 3 章 岷江上游地区的生态退化及恢复思路	32
3.1 岷江上游的生态退化问题	32
3.2 岷江上游地区生态退化的原因	34
3.3 岷江上游地区生态恢复重建的总体思路	39
第 4 章 高山林草交错带的生态恢复与重建	43
4.1 高山林草交错带的生态特征	43
4.2 高山林草交错带的主要植被类型及群落特征	48
4.3 高山林草交错带的生态退化	58
4.4 高山林草交错带的生态恢复	64

4.5 高山林草交错带生态恢复实践	66
第5章 亚高山针叶林的生态恢复过程	71
5.1 亚高山针叶林的含义及其特点	71
5.2 亚高山针叶林生态恢复过程研究	74
5.3 物种多样性与土壤性质的关系	96
5.4 建群种云杉更新研究	99
5.5 云杉幼苗对光照和水分的生态适应	104
5.6 恢复林地的健康管理	108
第6章 亚高山森林植被的恢复重建技术	111
6.1 人工造林的立地分区和类型	111
6.2 典型森林群落的数量特征	115
6.3 植被恢复重建的物种选择	121
6.4 造林技术与施工管理	130
6.5 植被恢复保水剂施用技术	137
第7章 中山区植被的恢复与重建	143
7.1 植被退化特征与成因	143
7.2 植被恢复重建途径与方法	149
7.3 植被恢复的实践	156
第8章 干旱河谷植被的恢复与重建	180
8.1 生态环境特征	180
8.2 生态退化趋势及其驱动因素	198
8.3 生态恢复重建策略和途径	201
第9章 干旱河谷生态农业模式与技术	211
9.1 岷江上游农业生产的现状及存在的问题	211
9.2 岷江上游主要生态农业模式	213
9.3 岷江上游绿色食品发展的现状与对策	227
第10章 山地灾害综合防治技术	232
10.1 山地灾害及其防治理论	232

10.2	岷江上游的山地灾害·····	234
10.3	龙洞沟山地灾害综合防治·····	242
10.4	综合防治效益观测与分析·····	265
第 11 章	树种筛选与繁育技术 ·····	274
11.1	概 述·····	274
11.2	重要阔叶树种的繁育·····	286
11.3	苗木生长观测·····	297
11.4	亚高山苗木培育技术·····	299
第 12 章	生态区划与生态建设规划 ·····	302
12.1	生态区划的理论与方法·····	302
12.2	岷江上游生态区划·····	306
12.3	恢复重建模式的推广应用规划·····	320
12.4	模式适宜推广区总面积·····	329
参考文献	·····	331
彩版		

第1章 引言——退化与恢复

1.1 生态退化及其影响

1.1.1 生态系统退化的过程与特点

当今人类社会的发展在资源与环境方面面临着诸多问题,包括环境污染、温室效应、资源衰竭、水土流失加剧和土地荒漠化等等,对人类社会的可持续发展造成了巨大的威胁,生态退化的问题已成为当今世界普遍关注的一个焦点问题。生态退化在一定程度上与人类不合理的资源利用活动存在着密切的关系。从这个意义上说,自然生态系统的退化以及科学合理的恢复对于维系人类社会自身的可持续发展具有极为重要的意义。

所谓退化,是指生态系统健康和完整性下降或丧失的过程(SER 2002)。人类各种直接的干扰活动,特别是各种不合理的资源利用活动,是造成自然生态系统退化的主要原因和根本驱动力(Meyer, et al. 1992; Vitousek, et al. 1997)。这些不合理的干扰活动包括森林的砍伐与过度利用、挖取药材以寻求医药工业原料、乱捕滥猎动物、过度放牧、修建道路、水坝以及垦荒等使土地利用方式发生改变,农、林、牧业生物品种的单一化以及不适当地引入外来物种、不合理的耕作方式(包括农药、化肥的滥用)或造林技术、开矿及污染物排放等行为(Vitousek, et al. 1997)。虽然这些干扰活动本身不一定直接导致相关生态系统的退化,但随着人口的不断增加以及现代社会对资源的需求不断增加,干扰强度也在不断地增加,由此导致人类干扰“不合理性”的增加,并最终导致生态系统的退化。

就陆地自然生态系统来说,在不同的空间尺度下以及针对不同类型的生态系统,其退化的表征各有不同。例如:在流域或景观尺度下,生态退化常常表现为景观的简单化或生境的片断化,如在许多发展中国家,大量的森林被砍伐,土地被开垦为耕地。同时,随着农业生产的集约化程度增加,越来越多的家庭经营的小型农场被大型公司的集约化经营所代替。许多残存的森林和灌木被清除以方便大规模的机械化耕作,这些行为在世界上许多地区造成了土地景观的不断单一化。在群落水平上,森林生态系统的退化通常表现出群落结构被破坏、森林生产力降低、系统稳定性下降、野生动植物的消失和当地物种多样性的丧失等症状,而草地生态系统的退化除上述特征外,还常常具体表现出鼠虫害加剧、草地等级下降、优良牧草种类减少、毒害草种类和数量增加等。针对不同的陆地生态系统类型和退化的程度,退化还常常伴随着水土保持(或涵养)能力下降、水土流失增加、土地荒漠化、沙漠化等系统功能性失调和生态服务能力丧失的问题。

从生态系统的角度看,退化主要表现为:生物多样性的衰退和丧失、结构的简单化、生产力下降、食物网解链和断环、物质循环由闭路转向开放、环境维持能力丧失或下降、能量流动的危机和障碍、系统稳定性变差(包维楷等 1995),其关键是系统生物多样性的破坏和系统生态服务功能的降低或丧失。

在不同类型的干扰或不同的干扰强度下,生态系统退化的过程、速度以及程度具有差异,并在系统生物多样性、结构等方面较为直观地表现出来。根据退化程度的不同,大致可分为如下四种类型。

图 1.1 给出了一个森林生态系统退化的简单示意模型:

系统丧失了原有的生物多样性以及结构、生物量或者大部分生产力。以图 1.1 中的 B 点为代表。

系统丧失了大多数原有的生物多样性和结构。土地被早期干扰后形成的次生植被占据,如森林经过农业开垦后,土地又被遗弃形成的次生灌丛等。系统中有部分过去的生物物种,但大多数为早期的演替物种占据,成熟森林的代表性动植物种很少。以图 1.1 中的 C 点代表。在这种状态下,系统是否得到恢复具有不确定性。

系统结构和原有生物多样性发生极为明显的变化。例如:原始森林被采伐后形成新的采伐迹地,系统结构发生了彻底改变,生物量大幅度减少。然而,一些原有树木还残留下来,迹地上存在许多原有森林树种的幼树和树苗。以图 1.1 中的 D 点代表。

系统生物多样性发生了明显的变化。例如:原始森林受到持续干扰,如放牧、狩猎、野生植物采集等,成熟森林的代表性物种被次生物种所代替,出现所谓的“次生化”森林。这类退化系统虽然大体上维持了原有的结构和生物量,但系统功能以及许多系统特征(如稳定性等)却常常有明显的变化。在图 1.1 中以 E 点代表。该状态同时也表示退化生态系统中的生物多样性不一定低于原有的系统。

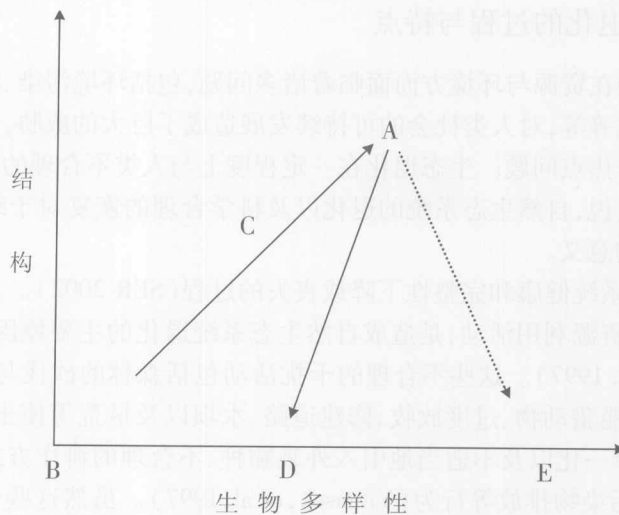


图 1.1 森林生态系统退化的简单模型(据 Chokkalingam, et al. 2001 修改)

除了一些处于非平衡(non-equilibrium)条件下的生态系统外(Behnke, et al. 1993),目前,一般认为多数“正常的”生态系统处于一种所谓的“动态平衡”状态(康乐 1990),即系统中生物群落与自然环境取得平衡的自维持系统,各组分的发展变化是按照一定规律并在某一平衡位置范围内波动。当外界干扰压力超出了系统恢复力,生态系统的变化突破原有的波动范围并逆向发展时,系统即出现退化。包维楷等(2000)将生态系统退化的渐变过程大致分为四个阶段(见图 1.2):

第一阶段 植物种群及其年龄结构发生变化,优势种群年龄结构向右位移,老龄个体居优,中幼龄个体少,更新不成功。由于优势种的衰退,一些演替中间阶段种群得以发展,泛化种(generalists)种群扩大。如草地系统中牧草种群退化,有毒、有害草种群数量增加(彭珂珊 1995;包维楷等 1995)。同时,以植物为依存的动物种群数量和年龄结构发生不良变化。该阶段退化较轻,通过消除干扰因素,可以通过自然演替实现恢复。如森林的封山育林,草地系统通过改变放牧时间和强度或封育等措施,均可自然恢复到相对稳定状态的生态系统。

第二阶段 在第一阶段的基础上进一步退化,生物多样性减少,生产力下降,植物种类发生明显变化,其捕食者及其共生生物减少或消失;初级生产力下降导致次级生产力也降低,进一步导致腐生的微生物种类变化和生产力的降低。该阶段会导致系统环境的退化,如小气候、水文等的恶化。但土壤退化尚滞后于这些变化,表现不明显(Bormann 1985;Milton 1993)。在该阶段,自然恢复难度比较大。

第三阶段 植被盖度变小,土壤侵蚀严重,水土流失加剧,环境严重退化,植物种类主要是一些耐旱的阳生性广布种(r 对策种),植物无性繁殖能力强。通过自然恢复使系统在相对短的时间内得到恢复几乎是不可能的事,必须首先重建非生物环境(一定程度的改善),减少水土流失,增加土壤渗透性,提高土壤的水分维持能力,保护土壤表层,增加肥力,调整土壤盐基作用和创造适宜于幼苗定居的微生境(microsite)(Barrow 1991)。

第四阶段 植被盖度几乎完全丧失,形成“人工沙漠”(human-made desert),即荒漠状态。这个阶段退化极为严重,而扭转退化决定于气候条件及土壤条件。恢复重建困难极大,须结合工程措施,长期坚持不懈努力。

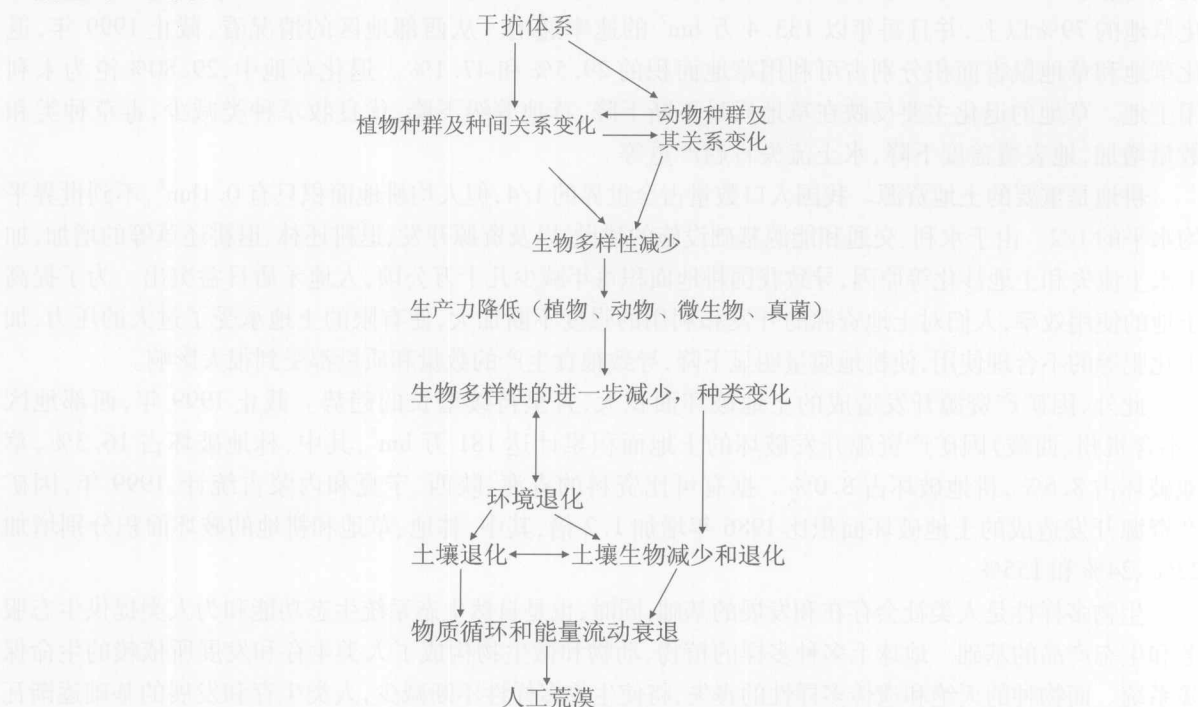


图 1.2 生态系统渐变退化过程示意图(据包维楷 2000)

1.1.2 生态退化的影响*

随着生态退化的加剧,自然生态系统为人类所提供的生态服务功能也处于不断地恶化和衰减之中。这已远远不是区域性或者国家性的问题,而是一个全球性的问题。据统计,目前,由于人为干扰而导致生产力下降的土地面积已占地球上全部陆地面积的 43%(Urbanska, et al. 2002)。有关生态退化所造成的影响和引起的变化,在 Vitousek 等(1997)和 Tilman 等(1996)的著作中多有描述。在某些情况下,生态退化所产生的影响是立竿见影的(例如:森林砍伐造成的水土流失),但有时生态退化的后果也可能是十分缓慢的,有的甚至要等到很多年以后才能显现(例如:盐碱化和生物多样性的灭绝)。在长期的退化过程中,随着植被的减少或消失,原来存留在生物量和土壤有机质中的碳释放到大气中,其累计效应也促进了全球的气候变暖,而全球性气候变化,包括其引发的气候不稳定性,又将进一步加剧地球陆地表面的生态退化。

我国是世界上生态退化问题比较严重的国家,处于退化的陆地生态系统面积已占国土面积的 45% 以上,目前,仍继续处于恶化状态。从主要的陆地生态系统类型之一——森林来看,我国历史上曾经是一个森林资源极为丰富的国家,但由于长期的过量采伐,使森林面积大量减少。20 世纪 90 年

* 本小节中有关我国生态退化状况的数据来自国家环境保护总局《中国环境状况公报(1997~2004)》及分省公报。

代初,全国森林面积总计 1.3 亿 hm^2 ,森林覆盖率 13.9%,仅为世界森林覆盖率的 50%。我国人均占有森林面积 0.11 hm^2 ,只相当于世界人均水平的 17.2%,居世界第 119 位。近十多年来,由于大规模的植树造林,加上近年来所实施的退耕还林工程,我国森林面积和森林覆盖率都有所上升。然而,在森林呈数量增长的同时,质量却呈现出下降趋势,表现在森林活立木蓄积量减少、中(幼)龄林比例上升、森林生态系统调节能力减弱、森林病虫害加剧等方面。

我国的草地退化问题极为严重。由于长期超载放牧和过度使用,加上气候干旱,使草地逐步退化。此外,人为采樵、滥挖药材、开矿和滥猎以及草原病虫害等也对草地植被直接形成危害。据资料统计,我国 90% 以上的草地已经或正在退化,其中中度退化程度以上(包括沙化、碱化)的草地占已退化草地的 79% 以上,并且每年以 133.4 万 hm^2 的速率递增。从西部地区的情况看,截止 1999 年,退化草地和草地鼠害面积分别占可利用草地面积的 29.5% 和 47.1%。退化草地中,29.80% 沦为未利用土地。草地的退化主要反映在草地质量不断下降,草地等级下降,优良牧草种类减少,毒草种类和数量增加,地表覆盖度下降,水土流失日趋严重等。

耕地是重要的土地资源。我国人口数量占全世界的 1/4,但人均耕地面积只有 0.1 hm^2 ,不到世界平均水平的 1/2。由于水利、交通和能源基础设施的建设,以及资源开发、退耕还林、退耕还草等的增加,加上水土流失和土地沙化等原因,导致我国耕地面积每年减少几十万公顷,人地矛盾日益突出。为了提高土地的使用效率,人们对土地资源的开发和利用的强度不断加大,使有限的土地承受了过大的压力,加上化肥等的不合理使用,使耕地质量明显下降,导致粮食生产的数量和质量都受到很大影响。

此外,因矿产资源开发造成的土地破坏面积大,且呈持续增长的趋势。截止 1999 年,西部地区(不含贵州、西藏)因矿产资源开发破坏的土地面积累计达 181 万 hm^2 ,其中,林地破坏占 16.3%,草地破坏占 8.6%,耕地破坏占 8.0%。据有可比资料的青海、陕西、宁夏和内蒙古统计,1999 年,因矿产资源开发造成的土地破坏面积比 1986 年增加 1.2 倍,其中,林地、草地和耕地的破坏面积分别增加 22%、24% 和 155%。

生物多样性是人类社会存在和发展的基础,同时,也是自然生态系统生态功能和为人类提供生态服务和生态产品的基础。地球上多种多样的植物、动物和微生物构成了人类生存和发展所依赖的生命保障系统。而物种的灭绝和遗传多样性的丧失,将使生物多样性不断减少,人类生存和发展的基础逐渐瓦解。生物多样性是生态退化中最值得关注的问题。我国物种资源无论种类、数量和特性方面都在世界上占有重要地位。现已记录的主要生物类群物种总数约 8.3 万种,占世界主要生物类群物种总数的 7.5%。高等植物约 3 万种,占世界高等植物的 10%,居世界第三位。尽管近年来国家加大了保护的力度,建设的各类自然保护区总面积已超过国土面积的 10%,但保护与发展的矛盾仍然十分突出。多年来,由于森林减少、草原退化、化肥农药杀虫剂的使用以及过度捕猎,使生物的生存环境不断受到破坏,野生动植物栖息地消失,生境片段化、孤立化的问题日益突出,造成生物物种大量退化、减少甚至处于濒危状态。据统计,我国目前濒危动植物约有 1 431 种,占我国高等动植物总种数的 4.1%。

伴随结构性生态退化的是生态系统功能的紊乱和失调,突出地体现在水土流失加剧的趋势得不到根本性缓解,土地“三化”严重,洪涝灾害日趋频繁,水资源危机日益突出。据不完全统计,我国的水土流失面积已达 160 多万 km^2 ,占国土面积的 1/6,每年流失水土量高达 50 多亿 t,不但降低了土壤的肥力,使土地生产力下降、粮食减产,而且造成大量泥沙阻塞河道和水库,对防洪工程直接构成威胁。截止 1999 年,西部地区(不包括西藏)水土流失面积已达 1.044 亿 hm^2 ,占全国水土流失总面积的 62.5%。近年来,西部地区水土流失蔓延的趋势虽然有所减缓,但水土流失问题并没有得到根本性改变,部分省区水土流失面积超过国土面积的 50%,局部地区水土流失面积在增加,并且随着水土流失的增加,石漠化问题也日趋突出。目前,西部地区石漠化面积已达 800 多万 hm^2 ,并有扩大的趋势。由于过度放牧、盲目开垦和水资源利用不当等还造成大面积荒漠化现象的出现,森林和草原消失,进而形成荒漠化景观。目前,我国沙化土地约有 170 万 km^2 ,占国土总面积的 17%,沙进人退现象日趋严重,人们生存的空间越来越小,可利用的土地面积也越来越少。

我国是一个水资源十分短缺的国家,人均占有水资源量不足 $2\,300\text{m}^3$,只有世界人均水平的 $1/4$ 。水资源短缺制约了经济的发展,限制了人民生活水平的提高。随着土地的退化,特别是随着大量森林的消失,自然生态系统对水的调蓄、涵养能力降低,进一步加剧了水资源时空分布的不均衡性,并引发频繁的洪涝灾害。由于大量的土壤养分流失进入水体,加剧了水体的富营养化,加上工业、生活废水造成的水体污染,更进一步加剧了我国水资源短缺的矛盾,并对经济建设直接构成威胁。1999年的一项调查显示,全国七大水系:辽河、海河、淮河、黄河、松花江、珠江和长江中,符合地表水水质四类和五类的仅占44%,其中,尤以辽河和海河的污染最为严重。全国工业和城市生活废水排放总量为400亿t。在对全国1200条河流进行监测发现,有850条河流存在不同程度的污染。

生态退化引起的功能性紊乱和失调还体现在自然灾害频率和强度的增加。这在山区显得尤为突出,特别是滑坡、泥石流等自然灾害。

人类干扰活动除可对其所施加的生态系统造成直接的影响外,还可使其他相关地区的生态系统发生退化,即所谓的区外效应(off-site effects),如上游地区森林砍伐导致的森林退化,对下游地区也会产生严重的影响。1998年夏季,在长江和松花江流域发生的特大洪灾,给人民生命财产造成了巨大的损失。包括近年来在长江、黄河流域频繁发生的洪涝灾害,与上游地区的生态退化也存在密切的关系。同样,人类干扰也可以大气污染的形式表现出来,并导致树木的死亡和森林健康发生微妙的变化(如酸雨沉降的影响),从而在更大范围内引起森林的退化(Fanta 1997)。而人类对化石能源的利用等,也已经造成了全球大气二氧化碳浓度增加,对整个生物圈产生了深远的影响。

生态退化对人类社会发展的影响不仅表现在全球、区域或国家水平,更多或者更为直接的是表现在对退化地区当地人的影响,这在山区和不发达的农村地区尤为突出。不发达地区居民的生计和经济发展都高度依赖于当地的自然资源,他们直接从当地的自然生态系统(草地、森林等)和土地中获取生活必需品,如食物、药物、薪柴等,或者通过出售当地的资源(如木材、药材、土地、旅游自然和产品等)寻求发展。由于技术、经济条件的落后,他们难以像发达地区或居住在城市中的人们那样采用技术手段来减轻或规避生态退化造成的影响。生态退化直接加剧了当地人们生活的艰难程度,为了获取必需的生活资料(如水、薪柴等),他们不得不到更远的地方寻求这些资源,从而加大了劳动的强度;居住地区生态环境的恶化和土地生产力的下降直接导致当地人们生活质量的下降,使他们不得不加大对资源的利用强度,或者被迫去开发、利用过去未被利用或少被利用的资源,由此加大了对残存未退化生态系统的压力,由此形成恶性循环,又反过来加剧了生态退化。实际上,在我国的许多地区,特别是在西部山区,“生态贫困”的问题已经相当严重,同时,贫困导致的生态问题也已经十分普遍。

生态退化不仅对不发达地区居民的生产和生活造成影响,而且还直接对当地社会稳定和社会进步造成了危害。随着生态环境的退化,资源(如土地、水等)的短缺问题愈加突出,对资源的冲突不可避免地加剧,这首先对当地社区和当地社会和谐产生严重的影响,对传统文化造成冲击。资源冲突的结果也必然会影响到当地的社会结构,包括家庭结构、农户间关系和社区关系等,导致新的社会不公或不公平现象,并使社会管理的难度和成本增加。而且,在区域性生态退化的背景下,不发达的农村和山区居民作为一个利益集体在区域社会中总是处于弱势,区域资源冲突的结果通常是农村和山区居民做出牺牲,这进一步加剧了社会资源和利益分配的矛盾,导致“城乡矛盾”的扩大。由此可见,生态退化的问题远远不是一个单纯的自然过程,它同时也是一个涉及社会、经济和文化各个方面的综合性的问题。

1.2 生态恢复的概念

尽管生态恢复的重要性已得到公认,但迄今为止不同的学者或机构对生态恢复的概念却有不同的认识。例如:Jordan(1987)认为,生态恢复(restoration)是指使生态系统恢复到先前或历史上(自然的或非自然的)的状态;Cairns(1995)认为,生态恢复是使受损生态系统的结构和功能回复到受干扰

前状态的过程;Egan(2001)认为,生态恢复是重建特定区域历史上曾经存在的植物和动物群落,并保持生态系统和人类传统文化功能的可持续性的过程(Hobbs, Norton 1996),等等。

生态“恢复”一词的原意是要将退化、受损或者完全被改变、被破坏的自然生态系统恢复到原来的状态,即要使所恢复的生态系统拥有其原有的物种、结构和原有的系统功能。但事实上,要使生态系统完全恢复到原来的状况,在理论和实践上都有很大的困难。首先,“原有状态”是指什么时候的状态难以确定,显然,不应努力恢复至更新世的群落类型。其次,“原有状态”的具体细节,包括其详细的物种组成、系统结构以及生态功能的各个方面的细节等,很难完全搞清楚。第三,系统为人类所提供的生态服务(ecological services)和生态产品(ecological goods),或者说“人类福利”(human welfare)同样也是要进行生态恢复的主要原因和目的,而“原有状态”所能够提供的生态服务并不一定与社会经济现实需求吻合。最后,任何恢复工程都必须考虑到经济上的有效性和可行性。完全恢复“原有状态”不仅具有较高的技术难度,而且经济成本也比较高。由此可见,生态恢复的目标应该是有限和适度的。

虽然生态系统“原有状态”的恢复是困难的,但并不是说“原有状态”不重要,实际上,对“原有状态”的正确认识对于生态恢复具有十分重要的意义。在进行野生动植物栖息地恢复时,一方面“原有状态”对于成功的恢复常常具有关键性意义。另一方面,生态系统“原有状态”的物种组成、结构以及系统功能是所要恢复的生态完整性(ecological integrity)、自我维持能力(self-sustainability)、生态功能(ecological functions)以及生态服务的基础,因而对几乎所有生态恢复都有极为重要的参考。显然,对退化生态系统进行详细的科学研究,分析其退化过程中发生的变化以及退化的驱动因素和作用机理,对于正确地确定恢复的目标和需要采用的技术手段具有十分关键的意义。同时,在对退化生态系统“原有状态”的历史研究资料不充分的情况下,在一定空间范围内选择相似外界环境条件下“未受干扰”或者未退化的生态系统作为“参考系统”(reference system)进行研究同样具有重要的意义。

基于上述考虑,国际生态恢复协会(Society for Ecological Restoration)给生态恢复(ecological restoration)最新的定义是:生态恢复是一种有意识地协助退化、受损或被破坏生态系统的健康(health)、完整性(integrity)和可持续性(sustainability)得到康复(recovery)的活动过程(SER 2002)。在这里,看一个生态系统是否得到了恢复,关键是看这个生态系统是否可从“不健康”、“不完整”以及“不可持续”的状态中改变过来,如果可以改变过来,则该系统可向康复(recovery)的方向发展,这一过程就是恢复(restoration)。换句话说,一旦退化、受损或被破坏,生态系统在人为技术干预或技术辅助的条件下,具备了一定或适当的生物和非生物条件,在去掉人为技术干预后仍能够按照预定的方向演替和发展,能够自我维持其结构与功能,并对正常的外界生态干扰和胁迫表现出一定的自我恢复力,则该系统即完成了生态恢复(SER 2002)。值得注意的是这一概念所强调的是恢复的方向性和过程,而不是其最终的结果。

1.3 生态恢复的途径及相关术语

除了上述在理论上较为严格的定义外,“生态恢复”一词在我国和其他许多国家的实践中都有广泛得多的含义,出现了许多相关并且有时也相互混淆的术语,如生态重建(ecological rehabilitation)、生态工程(ecological engineering)、生态改良(ecological reclamation),等等。在我国,也有些研究者将再造林(reforestation)和造林(afforestation)也看做是生态恢复。此外,还有生态塑造(creation)和生态构建(fabrication),等等。由于恢复的本质是要克服“退化”,而在不同的地方或者针对不同的对象,克服退化的手段和目的均可有所不同。例如:在有些情况下,恢复的主要目的是要恢复原始的生态系统和重建过去的生物多样性(如栖息地恢复);在另一些情况下,恢复的主要目标是系统的经济生产性能或者是某种特定的生态服务功能(如退化耕地恢复与改良)。表 1.1 列出了一些主要相关术语的含义。

表 1.1 生态恢复相关术语的含义

相关术语	含 义
生态恢复	恢复系统中包括大多数的原有动植物种类或生物多样性,以及与原有生态系统相近的结构和生产力(准确定义见本节正文)。
生态重建	恢复系统与原有生态系统的生产力或结构相近,同时,生物多样性只能部分恢复。与生态恢复相比更加注重生态功能和服务的恢复,而不一定强调完全一致的物种组成和结构。
生态改良	恢复系统与原有被破坏系统相比,具有一定的系统生产力或结构,能够提供特定的生态服务,但恢复中不一定利用了乡土生物多样性。如在北美和英国进行矿山土地恢复等(SER 2002),也包括我国一些地方进行的“植树造林”、“荒山绿化”等。
生态工程	采用整地、挖沟排水(或蓄水)等对自然材料或生物材料的直接技术操作,使对象系统的理化环境发生变化,以解决特定的生态问题(如退化盐碱地改造)或针对特定的人类需求目标。与一般民用工程相比,较少或不采用人造材料(如钢筋、水泥等);与生态恢复相比,一般有更为明确的目标或对结果有较高的可预测性,后者更多地强调生态完整性以及生态功能等整体性目标,并在一定程度上接受对具体结果的不可预测性。我国所开展的大多数“植树造林”、“荒山绿化”等属于生态工程。
塑造/构建	在较长时间内(如 50 年或更长)没有植被的地方建立人工植被,为满足特定人类需求而构建与原有生态系统类型不同的人工或半人工生态系统。如人造绿洲、人工湿地等

表 1.1 实际上也反映了不同的恢复策略或者恢复途径。这些不同的策略或途径在恢复原有系统的生物多样性、结构与功能所强调的重点以及程度上各有不同,但同时也有相互的重叠,并且它们在通过人工技术干预措施寻求建立一个具有生产力(或特定服务功能)和稳定的土地利用上是相似的。前四种活动,即生态恢复、生态重建、生态改良和生态工程在不同程度上都希望使恢复系统与原有系统具有相似性,因而均可看做是广义的生态恢复,相关的活动均属于生态恢复的范畴(SER 2002)。

图 1.3 以退化森林的恢复为例对不同恢复途径的差异进行了说明。在缺乏人类干预的情况下(自然恢复),B1 点的退化森林可以逐步恢复一些物种的丰富度和生物量并缓慢地靠近其原始状态(A 点)。该状态出现的快慢取决于物种在该地点定居的速度,但可以通过人类的干预(例如:生态恢复)使该过程得以加快。同样,再次干扰(例如:烧荒与放牧)也可能使系统继续退化并导致多数物种的消失,从而促使系统走向 B2 点。生态改良以 E 点代表,在这种情况下多营造某种树木或者单一经济树种,由于采用整地和施肥等措施,使生物量可以恢复到原来的状态(E1 点),甚至超过原来的状态(E2 点)。生态重建以 F 点代表,在这种情况下,结构、生物量以及部分原有的物种丰富度得到恢复。

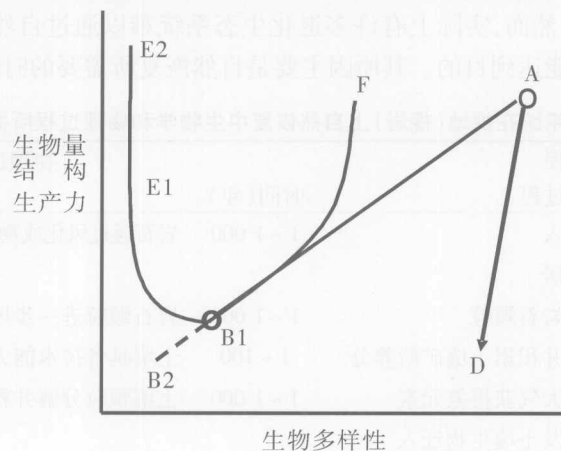


图 1.3 退化森林恢复的不同途径(据 Lamb, et al. 2003)

在图 1.3 中,退化森林(B1 点)经过一段时间可以进一步退化到 B2(例如:不断重复的火灾、砍伐或过度放牧)。生态恢复就是要使退化森林恢复到 A 点;生态改良是恢复到 E1 到 E2 点(例如:对改造的地点实施整地、翻耕或施肥),而生态重建是使系统恢复到 F 点。

1.4 生态恢复的必要性

显然,生态退化的广泛性、严重性以及人类生活实现可持续发展目标的紧迫性是决定生态恢复必要性的关键因素。目前,在解决面临的生态环境退化问题时人们发现,仅仅依靠保护活动(例如:建立自然保护区、控制和减少环境污染等)难以在根本上和在可接受的时间内使问题得到缓解,生态恢复是加速和促进解决生态环境退化问题的有效手段。恢复与保护(preservation)并不能相互替代,而是互补的关系,两者相互促进,以最终实现生态保护(conservation)和可持续发展的目标。

从具体的恢复实践来看,恢复的手段大致可分为不施加人工技术干预的自然恢复与施加人工技术干预的恢复两大类,生态恢复显然属于后者。这里所说的自然恢复也并不是完全“自然”的,实际上包括了人为封育的含义。根据经典的生态学理论,在外界环境条件,特别是气候和土壤条件相对稳定的条件下,无论生物群落和生态系统退化到哪个阶段,都可以通过原生或者次生演替得到恢复,而且恢复以后的生态系统的生物多样性、结构与功能都将与原有生态系统一致或者相似。这也是“自然恢复”的理论基础。在实践中,要使“自然恢复”成为可能,必须满足如下几个条件:

1. 必须排除影响自然演替的干扰因素

如果干扰因素如火烧、采伐或放牧继续存在,恢复演替将不会正常进行,恢复也就不可能实现。

2. 原有的植物和动物物种必须仍然存在于恢复地段或者附近地段,以作为恢复系统中新定居者的来源

这些物种还必须能够跨越系统边界移动,并在退化的地方重新定居。这些生物物种来源距离越远、在受干扰的系统中原有生物物种越贫乏,它们重新定居的过程就越慢。相反,在受干扰的区域“踏脚石”(stepstone)越多,自然恢复的过程就会越快。

3. 受干扰地块的土壤也必须保持相当的完整

如果发生严重的水土流失或者土壤肥力已经耗尽,土壤结构受到破坏,就可能不再适合原来的物种和群落。

4. 外来物种入侵的问题不严重

生态系统的自身恢复力是退化生态系统恢复最重要的力量,一些退化生态系统也可以在排除干扰后通过自然演替得到恢复。事实上,确有一些恢复工作是依靠自然恢复的途径来完成的,如经常采用的封山育林、退化草地封育等。然而,实际上有许多退化生态系统难以通过自然演替得到恢复,而必须通过生态恢复的技术和手段才能达到目的。其原因主要是自然恢复所需要的时间太长(见表1.2)。

表 1.2 生态系统在裸地(裸岩)上自然恢复中生物学和物理过程所需要的时间

生物学过程		物理过程	
时间(年)	过程	时间(年)	过程
1~50	适当植物种类的迁入	1~1 000	岩石通过风化或物理分解作用形成颗粒并积累
1~50	适当植物种类的定居		
1~10	通过植物生长集聚岩石颗粒	1~1 000	岩石颗粒进一步风化分解为土壤矿质颗粒
1~100	通过植物生长吸收并积累土壤矿质养分	1~100	土壤具备持水能力
1~100	通过生物固氮或从大气获得氮元素	1~1 000	土壤颗粒分解并释放矿质养分
1~20	土壤有机质积累以及土壤生物迁入		
1~20	随着植物、动物及微生物生长出现土壤有机质周转及土壤结构变化		
1~20	随土壤结构变化,土壤持水能力改善	10~10 000	可移动物质从土壤表层渗漏到深层
10~1 000	由于有机质及其他化学物质积累造成的土壤毒性减小	100~10 000	形成明显的土壤层次