

中国东部常绿阔叶林生态系统 退化机制与生态恢复

宋永昌 陈小勇 等著

科学出版社

北京

内 容 简 介

生态系统退化是当前人类面临的一个全球性环境问题,我国亚热带地区特有的常绿阔叶林生态系统退化也十分严重。本书对中国东部常绿阔叶林退化的类型、动因及退化机制进行了深入研究。主要内容包括:①常绿阔叶林生态系统结构受损退化类型中的植物群落、土壤动物群落、土壤微生物群落等的作用与响应、优势种更替,以及功能(物质生产、营养循环)的动态响应;②片断化引起的边缘效应、岛屿效应、小种群效应等在景观受损退化类型中的作用;③常绿阔叶林生态系统退化的评价模型及常绿阔叶林生态系统受损的生态阈值;④不同干扰条件下常绿阔叶林的定位恢复实验及恢复实践。

本书可供生态学、林学、农学、植物学、环境科学等专业的研究人员及高等院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国东部常绿阔叶林生态系统退化机制与生态恢复/宋永昌等著. —北京:科学出版社,2007

ISBN 978-7-03-018887-8

I. 中… II. 宋… III. 常绿阔叶林-生态系统-研究-中国 IV. S718.54

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 057835 号

责任编辑:赵 峰 / 责任校对:张小霞

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:王 浩

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007年5月第一版 开本:787×1092 1/16

2007年5月第一次印刷 印张:32 1/2 插页:2

印数:1—1 500 字数:753 000

定价:98.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换(科印))

《中国东部常绿阔叶林生态系统 退化机制与生态恢复》

写作分工

第1章			宋永昌	陈小勇	王希华
第2章				宋永昌	陈小勇
第3章		王希华	方晓峰	陈卫娟	闫恩荣
第4章			丁圣彦	卢训令	李昊民
第5章					陈波
第6章		蔡永立	李恺	胡星明	张天澍
第7章		罗虹	王铭玮	张欣	陈小勇
第8章				闫恩荣	王希华
第9章				闫恩荣	王希华
第10章				易兰	由文辉
第11章					路葵
第12章				顾泳洁	时俊花
第13章	李恺	蔡永立	王宏伟	张天澍	杨坤
第14章		李俊祥	李先华	张卫民	王玉洁
第15章	陈小勇	张欣	李媛媛	徐高福	陈波
		沈栋伟	高辉	顾泳洁	蒋屹峰
第16章			赵爱莲	李媛媛	陈小勇
第17章				杨娟	宋永昌
第18章			陈小勇	李俊祥	宋永昌
第19章		达良俊	陈波	宋坤	杨同辉
第20章				王希华	张光富
第21章				达良俊	彭鹤
第22章				宋永昌	陈小勇
附录一			达良俊	杨同辉	宋坤
附录二					李恺

前 言

“常绿阔叶林”虽不能说是我国特有，但它却是我国最具特色的森林生态系统。众所周知，地球上中纬度地区在副热带高压下沉气流和信风带背岸风的作用下，气候干旱少雨，大面积分布的是荒漠和半荒漠，唯有在东亚大陆，因海陆对比显著，形成特殊的温暖湿润的亚热带季风气候，常绿阔叶林正是在这种气候条件下孕育形成的。常绿阔叶林在日本中部和南部以及朝鲜半岛南部虽然也有分布，但在我国分布面积最大，类型最为多样，乃是东亚常绿阔叶林的主体。至于欧洲地中海沿岸、北美大西洋沿岸以及大洋洲、南美洲和非洲的局部地区分布的常绿阔叶林，不仅其形成的气候条件和区系背景不同于东亚的常绿阔叶林，而且在类型的复杂性以及分布的广泛性等方面都远逊于东亚常绿阔叶林。因此，对常绿阔叶林开展全面系统的研究，是中国植被工作者义不容辞的责任。在1991年出版的《中国生态学发展战略研究》一书中，作者们曾提出应对我国特有的植物群落类型进行深入研究，首先指出的就是亚热带常绿阔叶林（郑慧莹，1991）。但是由于“常绿阔叶林”在生态系统的复杂性方面不如热带雨林，在脆弱性方面又不及草原和荒漠，当人们寻求生物资源，并为生物多样性丧失而担心的时候，注意的重点自然是热带雨林；当人们为荒漠扩张、生态与环境恶化而忧伤的时候，更关注的乃是荒漠和草原。对孕育中华文明、滋养炎黄子孙和维护中华大地生态安全的常绿阔叶林却很少引起人们的关注。

这里我们要感谢教育部博士点基金会以及国家自然科学基金委员会长期以来对我们研究常绿阔叶林方面的大力支持与帮助，自1985年以来，先后资助我们进行了“华东区常绿阔叶林生态系统的资源现状及其利用和保护对策”、“亚热带常绿阔叶林实验植物群落学研究”、“中国东部地区五百年来植被演变与环境变化的研究”、“青冈林适应生态学研究”、“中国东部和日本中西部常绿阔叶林比较研究”及一项重点基金——“受损常绿阔叶林生态系统退化机制的研究”（2002~2005年）。20年来我们的研究小组发表了百余篇论文，并于1995年出版了《浙江天童国家森林公园的植被和区系》一书，那是前10年的研究汇总。现在我们趁“受损常绿阔叶林生态系统退化机制的研究”项目完成之际，将这几年的研究结果整理成书，作为对一直关心我们工作的部门和同行的汇报和感谢。

全书分四篇共22章：第一篇总论，包含第1、2两章，讨论了“生态退化”概念的内涵和外延，阐述了“生态退化”与“逆行演替”间的异同，以及“生态退化”与“生态恢复”间的关系；把“生态退化”划分为结构受损退化和景观受损退化两种主要类型，并对常绿阔叶林退化的动因进行了分析和讨论，在此基础上介绍了“受损常绿阔叶林生态系统退化机制的研究”方案和研究地点的背景情况。第二篇是常绿阔叶林生态系统结构受损退化，包括第3章到第13章，这一部分主要研究了常绿阔叶林退化过程中

植物群落的变化；优势种的生理生态、生殖生态、种子散布与更新以及遗传组成；常绿阔叶林退化过程中土壤碳库与营养库及土壤与植物系统的相互作用；同时探讨了这一过程中土壤动物、土壤微生物、菌根以及昆虫的变化与作用。第三篇是常绿阔叶林生态系统景观受损的退化，亦即片断化造成的退化，包括第 14、15、16 章，首先是对中国东部常绿阔叶林片断化的现状进行了分析和评估；再以宁波天童、杭州及千岛湖三个地区为重点，研究了片断化对植物群落组成和更新以及种群遗传组成的影响。第四篇是常绿阔叶林生态系统退化的诊断与恢复实验，其中第 17 章是受损常绿阔叶林生态系统退化评价的指标与模型，第 18 章探讨了常绿阔叶林生态系统退化的生态阈值；第 19 章是常绿阔叶林生态系统干扰与恢复定位实验，第 20 章是浙江天童地区常绿阔叶林的生态恢复，第 21 章是城区裸地常绿阔叶林的快速重建第 22 章为全书的总结。

常绿阔叶林生态系统退化机制与生态恢复是一项综合性很强的研究，涉及学科范围很广，开展这样的研究我们既无经验，可供借鉴的成果也不多，相关研究只能在摸索中前进，虽然做了努力，但是研究尚不深入，关于机制研究只能说是开始，本书也只是一个阶段性工作的总结，希望引起读者对这一问题的关注。书中的不妥之处，敬请读者批评指正。



2006 年 7 月

目 录

前言

第一篇 总 论

第 1 章 绪论	3
1.1 引言	3
1.2 生态系统退化概念的内涵与外延	4
1.3 生态系统退化与生态恢复	5
1.4 常绿阔叶林生态系统退化研究方案	7
1.5 小结	18
参考文献	19
第 2 章 中国东部常绿阔叶林生态系统退化类型和动因	22
2.1 引言	22
2.2 中国东部常绿阔叶林现状	22
2.3 中国东部常绿阔叶林退化类型	25
2.4 中国东部常绿阔叶林生态系统退化动因分析	29
2.5 小结	33
参考文献	33

第二篇 常绿阔叶林生态系统结构受损退化

第 3 章 常绿阔叶林退化植物群落类型及其特征	39
3.1 引言	39
3.2 研究方法	39
3.3 受损常绿阔叶林退化植物群落类型	40
3.4 受损常绿阔叶林退化群落的区系组成	72
3.5 受损常绿阔叶林退化群落的物种多样性及其影响因素	77
3.6 受损常绿阔叶林退化群落的生活型谱特征	79
3.7 受损常绿阔叶林退化群落的功能型结构	81
3.8 小结与讨论	85
参考文献	86
第 4 章 常绿阔叶林退化过程中群落光环境与优势种生理生态特征	89
4.1 引言	89
4.2 研究方法	89
4.3 退化过程中群落内环境的变化	93

4.4	主要优势种的生理生态特性	101
4.5	小结与讨论	111
	参考文献.....	113
第5章	常绿阔叶林优势种栲树的生殖生态	117
5.1	引言	117
5.2	研究地与研究方法	117
5.3	栲树的生殖物候	119
5.4	栲树生殖成熟年龄大小与分布	122
5.5	栲树果实生长动态	124
5.6	小结与讨论	130
	参考文献.....	134
第6章	常绿阔叶林优势种栲树种子散布与幼苗更新	139
6.1	引言	139
6.2	研究方法	140
6.3	栲树的种子散布	144
6.4	种子库	151
6.5	幼苗库	153
6.6	小结与讨论	159
	参考文献.....	161
第7章	常绿阔叶林演替过程中栲树种群的遗传组成	165
7.1	引言	165
7.2	材料与amp;方法	166
7.3	常绿阔叶林演替过程中栲树种群的遗传变化	169
7.4	不同演替阶段栲树种群的交配系统	170
7.5	小结与amp;讨论	171
	参考文献.....	173
第8章	常绿阔叶林退化过程中土壤的养分库	176
8.1	引言	176
8.2	研究方法	177
8.3	常绿阔叶林不同退化阶段土壤养分库和碳库动态	180
8.4	常绿阔叶林不同退化阶段土壤有机氮的矿化	184
8.5	小结与amp;讨论	188
	参考文献.....	192
第9章	常绿阔叶林退化过程中土壤与植物系统的相互作用	196
9.1	引言	196
9.2	研究方法	197
9.3	常绿阔叶林退化过程中凋落物的养分归还特征	202
9.4	常绿阔叶林退化过程中细根的营养归还特征	212

9.5	不同退化植物群落的 N/P 化学计量特征	217
9.6	常绿阔叶林退化过程中主要优势种的养分利用策略	221
9.7	小结与讨论	229
	参考文献	231
第 10 章	常绿阔叶林退化过程中的土壤动物群落	238
10.1	引言	238
10.2	研究方法	239
10.3	常绿阔叶林退化过程中的土壤动物群落特征	242
10.4	环境因子的变化与土壤动物群落	259
10.5	土壤动物的分解功能及动态	261
10.6	小结与讨论	273
	参考文献	279
第 11 章	常绿阔叶林退化过程中土壤微生物及酶活性	285
11.1	引言	285
11.2	研究方法	286
11.3	不同退化阶段群落中土壤微生物数量及其季节动态	287
11.4	不同退化阶段群落土壤微生物生理类群及其生化作用强度	291
11.5	不同退化阶段群落中土壤酶活性	294
11.6	结果与分析	298
	参考文献	300
第 12 章	常绿阔叶林退化过程中的菌根	302
12.1	引言	302
12.2	研究方法	303
12.3	常绿阔叶林退化过程中主要优势种的菌根	305
12.4	常绿阔叶林退化过程中菌根的变化	308
12.5	小结与讨论	314
	参考文献	315
第 13 章	常绿阔叶林昆虫类群及其对植物叶片的取食特性	319
13.1	引言	319
13.2	研究方法	320
13.3	常绿阔叶林及其退化群落的昆虫多样性和区系成分	322
13.4	常绿阔叶林不同退化阶段叶片虫食分析	324
13.5	小结与讨论	332
	参考文献	333

第三篇 常绿阔叶林生态系统景观受损的退化

第 14 章	中国东部常绿阔叶林片断化的监测与评价	339
14.1	引言	339

14.2	材料与方法	339
14.3	中国东部常绿阔叶林景观格局	343
14.4	天童地区常绿阔叶林片断化	346
14.5	千岛湖区常绿阔叶林片断化	348
14.6	讨论与结论	350
	参考文献	352
第 15 章	常绿阔叶林片断化对植物群落组成和更新的影响	355
15.1	引言	355
15.2	材料与方法	356
15.3	常绿阔叶林片断化与植物群落组成	359
15.4	岛屿苦槠种群结构及其更新	361
15.5	讨论	364
	参考文献	367
第 16 章	常绿阔叶林片断化对红凉伞种群遗传组成的影响	371
16.1	引言	371
16.2	材料和方法	372
16.3	常绿阔叶林片断化对红凉伞种群遗传变异的影响	374
16.4	讨论	378
	参考文献	380
第四篇 常绿阔叶林生态系统退化的诊断与恢复试验		
第 17 章	常绿阔叶林生态系统退化评价的指标与模型	385
17.1	引言	385
17.2	常绿阔叶林生态系统退化的基本特征	386
17.3	常绿阔叶林生态系统退化评价指标体系的构建	386
17.4	常绿阔叶林生态系统退化评价指标权重的确定	391
17.5	常绿阔叶林生态系统退化的评价模型	394
17.6	小结与讨论	396
	参考文献	397
第 18 章	常绿阔叶林生态系统受损生态阈值	401
18.1	引言	401
18.2	常绿阔叶林结构受损的生态阈值	402
18.3	常绿阔叶林景观受损的生态阈值	407
18.4	种群生存力分析	410
18.5	小结	412
	参考文献	413
第 19 章	常绿阔叶林生态系统干扰与恢复定位实验	416
19.1	引言	416

19.2	实验方案·····	417
19.3	样地背景调查·····	419
19.4	恢复两年间的生境变动·····	425
19.5	两年间植物群落的自然恢复·····	426
19.6	播种与移苗的人工恢复实验·····	438
19.7	小结与讨论·····	445
	参考文献·····	447
第 20 章	浙江天童地区常绿阔叶林的生态恢复 ·····	452
20.1	引言·····	452
20.2	天童地区次生马尾松林恢复为常绿阔叶林的实践·····	452
20.3	次生灌丛恢复为常绿阔叶林的试验·····	456
20.4	小结与讨论·····	458
	参考文献·····	459
第 21 章	城区裸地常绿阔叶林的快速重建 ·····	461
21.1	引言·····	461
21.2	人工裸地上“近自然型”常绿阔叶林的重建理论·····	462
21.3	上海常绿阔叶林快速生态恢复与重建·····	463
21.4	结语·····	466
	参考文献·····	467
第 22 章	总结 ·····	469
22.1	中国东部常绿阔叶林现状与退化特征·····	469
22.2	常绿阔叶林生态系统退化的动因和机制·····	470
22.3	常绿阔叶林生态系统退化的诊断与生态阈值·····	476
22.4	常绿阔叶林生态系统恢复策略与措施·····	477
	参考文献·····	478
附录一	天童国家森林公园木荷米槭林生物量 ·····	484
	参考文献·····	492
附录二	浙江天童昆虫名录 ·····	493
	彩图	

第一篇

总论

第 1 章 绪 论

1.1 引 言

由于人口不断增长和经济持续开发压力的增加，生态系统退化已成为当前人类面临的一个全球性环境问题。联合国千年宣言声称“全球有近 20 亿 hm^2 土地（相当于美国和加拿大面积的总和）承受着人类造成的退化，使得近 10 亿人口的生活陷入危机。每年还有 2000 万 hm^2 耕地不是退化到无法耕种，就是被城市扩张所侵吞”。非洲和亚洲 60% 的面积受到土地退化的影响，欧洲约为 11%，北美洲大约是 8%。土地退化已不再是地区性问题，而是全球性问题（UNEP, 2006）。

作为世界上最大的发展中国家，中国生态系统退化也十分严重，根据最近出版的《国家环境安全战略报告》（解振华，2005），我国水土流失面积为 356 万 km^2 ，每年土壤流失总量高达 50 多亿吨，荒漠化土地面积达 267 万 km^2 ，每年增加 1 万多平方千米；20 世纪 90 年代，北方 12 省（自治区、直辖市）草原退化面积已扩大到该区草原面积的 50.24%，退化面积平均每年还以 200 万 hm^2 的速度增加，每年退化面积占草原总面积的 0.5%；林地面积虽有所增长，但质量却在下降，增加的主要是经济林和用材林，生态功能较好的原始天然林面积显著缩小，森林生态功能降低。这意味着 70% 以上的国土面积都处于生态退化的境地。退化生态系统的恢复已是当前我国生态研究的热点领域（彭少麟，2004）。

自 20 世纪 90 年代起，国内一些单位先后开展受损生态系统退化和恢复的研究，内容涉及退化生态系统特点和分布（陈灵芝等，1995；刘国华等，2000）、退化成因（汪诗平等，1999）以及退化过程分析（王伟等，2000）等，也有若干研究针对不同类型的生态系统退化，其中较多的是关于草场的退化（魏绍成等，1986；昭 and 斯图等，1987；杨利民等，1996；李永宏，1988），少数是关于水域的退化（许木启等，1998）。在热带、亚热带森林生态系统退化方面，余作岳和彭少麟（1996）进行了较为系统的研究，在植被严重破坏的地段上研究植被的恢复。总的看来，目前的研究多为理论探索，部分涉及具体类型的恢复实践，对于受损生态系统退化机制的研究尚不多见，而要有效地抑制生态退化，加速生态恢复，揭示退化机制是很重要的。

常绿阔叶林是我国湿润亚热带地区特有的森林生态系统，分布范围约为国土总面积的 1/4（吴征镒，1980）。就其复杂性而言是仅次于热带雨林的一种生态系统类型，其中蕴藏着富饶的自然资源和丰富的生物多样性（中国生物多样性国情研究报告编写组，1988）。这里保存有许多中国特有的孑遗植物，在组成常绿阔叶林的树种中，许多是珍贵木材来源，林中蕴藏着许多名贵的药材，以及多种多样的花卉，并且是众多动物的栖息场所；土壤中还有无数土壤动物和土壤微生物，因此，常绿阔叶林乃是地球上重要的

基因库。此外，由于它有巨大的根系和茂密的树冠，故在保持水土、调节气候、改善人类生存环境等方面也发挥着巨大作用。

常绿阔叶林分布地区气候温暖湿润，自然资源丰富，非常适于人类生存发展，因而也是人口最密集、经济最发达的地区。长期的人类活动，特别是近代土地开发利用，虽然大大促进了区域经济的发展，但生态与环境破坏的代价也十分巨大，原生的常绿阔叶林多因砍伐垦殖破坏殆尽，残存的次生常绿阔叶林也不多见，除部分改造为经济林和用材林外，大部分退化成次生灌丛、灌草丛，以至裸地。结果是水土流失加剧、自然灾害频发、生物多样性减少、生态与环境质量下降，所造成的生态破坏业已影响经济的可持续发展，威胁到群众的身体健康和生命财产安全。因此，在亚热带地区开展受损常绿阔叶林退化机制的研究，抑制退化，促进演替，加快恢复过程，对于遏制生态与环境恶化、维护社会稳定和实现地区可持续发展具有重要意义。

1.2 生态系统退化概念的内涵与外延

生态系统退化 (degradation) 有很多提法，最常见的是把生态系统退化和生态系统演替相联系，认为“退化生态系统实际上是生态系统演替的一个类型。所谓退化，其意思是指它的组成、结构、功能、动态及其对环境改善的效能都与自然的生态系统有着明显的不同，在大多数情况下，均比不上自然生态系统” (陈伟烈, 1995); 并明确指出: “生态系统退化实际上是一个系统在超载干扰下逆向演替的生态过程” (包维楷等, 1999)。“逆行演替” (retrogressive succession) 是相对于“进展演替” (progressive succession) 而言的。自然界中，生态系统普遍倾向于最大限度地利用环境资源，从而导致系统中物种数量增多、结构复杂、功能完善，由此发生着一系列的一个群落被另一群落代替的过程，最后达到能充分利用该地环境资源的、与物理环境平衡的、能够自我维持的顶极群落 (climax)，生态学上称这一过程为进展演替。与此相反，在演替过程中，群落的种类组成减少、结构趋于简化、利用自然的生产力降低、生境状况恶化，即为逆行演替。由于把生态系统退化等同于逆行演替，因而认为：“退化生态系统是与顶极生态系统 (群落) 相对而言” (陈灵芝等, 1995)，或者说“退化生态系统是相对未退化或退化前的原生生态系统而言” (Hobbs & Norton, 1996)。这种观点强调生态系统退化和逆行演替同样都是在干扰作用下，生态系统远离顶极生态系统的现象。

另一些研究者从生态系统机能着眼，认为生态系统退化是“生态系统的结构和功能在干扰的作用下发生位移，位移结果打破了原有生态系统的平衡状态，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” (余作岳等, 1996)，或者说：“退化生态系统是指生态系统在自然或人为干扰下形成的偏离自然状态的系统” (任海等, 2001)，这种观点强调生态系统退化是结构和功能的破坏造成的远离平衡态的改变。

无论是把生态系统退化看成是生态系统远离顶极生态系统的现象，或者看成是生态系统远离平衡态的改变，都是从生态系统本身出发，强调在干扰作用下，当前生态系统与其初始生态系统对比出现的结构和功能的衰退及平衡状态的破坏。这是生态系统退化的基本内涵。通常发生的草原退化、森林退化等，都是这种生态系统退化的例子。

当今的生态系统退化,除了上述类型外,通常见到的还有因土地利用方式改变,造成生态系统格局变化,从而引发区域生态景观的退化,或者说复合生态系统的退化(章家恩等,1999)。此类生态系统退化与单个生态系统退化不同,它是在更大范围和更高层次的生态系统退化,是片断化所导致的景观退化,表现为景观组成结构的破坏、服务功能的衰退、和谐关系的失调、平衡稳定状态的远离。在这种情况下,生态系统退化一词具有了新的含义。

由此可见,生态系统退化可以是生态系统在人为或自然干扰下的逆行演替,也可以是复合生态系统的失调和失衡,它可以是连续过程,也可以是不连续过程,其基本特征是在人为或自然干扰下,合理结构的解体与服务功能的衰退。生态系统退化的判断标准是其对顶极生态系统或初始生态系统状态的偏离,以及生态景观格局的破坏。根据以往的有关研究(陈伟烈,1995;包维楷等,1999;宋永昌,2001;陈小勇等,2004),我们认为生态系统退化有如下特征:

- 1) 退化生态系统的组成成分减少,特别是乡土种类减少,生物多样性降低,偶尔升高,但时间短暂,不能持续。
- 2) 初始(顶极)生态系统中的建群种、关键种地位和作用降低,以致消失,生态幅较宽的种类增加,优势种不稳定,一些与系统稳定性密切相关的种类的更新能力丧失。
- 3) 退化生态系统的结构简化,分层性简单,层次减少,层片和功能群多样性下降。
- 4) 退化生态系统的种间关系类型简单,食物网简化,食物链缩短,附生关系减弱,种间关系失调。
- 5) 退化生态系统中总生物量较少,矿质循环开放度增加,有机残余物在养分还原中的作用降低。
- 6) 退化生态系统利用资源和调节环境的能力减弱,生态服务功能下降,以致丧失。
- 7) 退化生态系统自我维持能力和抗干扰能力下降,一般周期性的环境胁迫事件也会造成重大影响。
- 8) 退化生态系统下的土壤自然剖面遭到扰动,土壤剖面不成熟,生境趋向极端变化(旱生化或湿生化)。
- 9) 退化生态系统造成大范围生态景观的破坏,初始生态系统面积减少、隔离增加,初始生态系统间生物流和非生物流交换往往受阻,边缘效应增强。

1.3 生态系统退化与生态恢复

研究生态系统退化的目的在于更好地进行生态恢复(ecological restoration),由于对生态系统退化认知的不同,对生态恢复也有不同的认识。狭义的“生态恢复”是指已遭破坏的原生生态系统的恢复;而广义的“生态恢复”还包括那些能够适应当地自然环境、并能自我维持的生态系统的恢复^①。在一般状况下,如果退化的生态系统所受破坏

^① 宋永昌,生态恢复是生态科学的最终实验,中国生态学会通讯,1997年第四期。

并不严重，一旦停止干扰，只要给以足够时间，可以通过自然演替得到恢复，这种生态系统的自然恢复就是“进展演替”；如果破坏严重，造成了退化生态系统发展中的不连续性、不平衡性，在自然状况下很难或不可能回到原生的状态，生态系统的恢复则需在人为干预下进行，因此，通常所讲“生态恢复”多是指在人为干预下的恢复过程。2002年，国际生态恢复学会（International Society for Ecological Restoration）曾将生态恢复定义为：“生态恢复是指业已退化的、受损的或已经毁坏的生态系统在人为帮助下的恢复过程”，并对退化生态系统是否业已恢复提出了9条判断标准：

1) 恢复后的生态系统包含了参照生态系统的特征种组合，从而表现出相应的群落结构。

2) 恢复后的生态系统含有尽可能多的乡土种类。在恢复的栽培生态系统中允许有外来种以及非入侵性的宅旁杂草和田间杂草，它们可能是协同进化的。

3) 对于恢复后的生态系统继续发展或者稳定有关的所有功能群都存在，否则，缺失的功能群具有自然拓殖的潜力。

4) 恢复后的生态系统的物理环境可以支持那些对于系统沿着期望方向稳定发展所必需的种群的繁殖。

5) 恢复后的生态系统就其发展阶段而言，运行十分正常，没有功能失调的迹象。

6) 恢复后的生态系统对于大范围的生态景观整合是合适的，它们之间可通过生物流和非生物流进行互相作用和交换。

7) 对恢复后的生态系统健康和完善具有潜在的危險，均已从周围景观中消除，或业已尽可能地降低。

8) 恢复后的生态系统能够充分忍受当地环境一般周期性的胁迫事件，以维持系统的完整性。

9) 恢复后的生态系统和参照生态系统一样，在一定程度上能够自我维持，并具有在生存条件下能长期生存的潜力。然而，在生物多样性以及结构和功能等方面，相对于正常生态系统的发展可能有所改变，并可能对周期性的胁迫反应以及偶发性的干扰事件发生波动。正如任何未受损伤的生态系统一样，恢复后的生态系统的种类组成和其他特征可以随着环境条件的改变而演进。

生态恢复的判断标准与恢复目的有关，可以是为了获取某种社会需要的天然物品，也可以是为了对稀有物种提供生境而进行的生态恢复，目的不同指标亦可不同。就其实质而言，生态恢复就是要恢复生态系统合理的结构、高效的功能以及和谐的关系（宋永昌，2001）。

生态恢复的理论基础是生态系统演替理论（丁圣彦等，2003）和潜在植被理论。演替是一个有顺序的过程，有规律地向一定方向发展，它一方面受物理环境影响，另一方面也受群落本身的控制（奥德姆，1981）。受损生态系统恢复的动力学机制与演替理论密切相关，生态恢复就是要通过对造成演替过程的各种自然和人为因素的分析，揭示进展演替和逆行演替的成因与后果，找出扭转演替方向的途径和方法，变逆行演替为进展演替，以阻止受损过程的发生，加速退化生态系统的恢复。生态系统恢复首先是要恢复植被，应依据该地的气候、土壤和地形等环境条件，推断该地可能存在的植被类型——

潜在自然植被作为参照。所谓潜在自然植被是指在没有人类干扰的情况下,依据一个地区的气候、土壤和地形等环境条件,利用已有的植被知识,推断该区域应该存在的植被类型,表明了一个地区植被的发展潜力(Tüxen, 1956; 宋永昌, 2001)。它和地带性植被不同,在于某个地区的地带性植被类型只有一个,即其气候顶极植被类型,而潜在自然植被更接近于多元顶极的概念,一个地区除气候顶极外,还包括土壤顶极和地形顶极等。潜在植被理论为地区的植被恢复指明了方向。

生态恢复的技术是生态工程。由于生态恢复的目标是将受破坏的生态系统尽可能快地达到有生产价值和生态服务功能的、社会可接受的状况,这就需要开发一些适应实际情况的生态工程新技术和新方法,这些技术和方法可以使系统发生一些连锁变化,加速目标生态系统的建立和功能的完善,并使它们能够自我维持,而这些生态系统又是景观层次内环境系统的重要组成部分。

生态恢复是生态科学的最终试验,是生物圈持续利用的关键,生态系统通过它的结构、功能、多样性及其内部动力为人们提供商品和服务。商品通常是有形的,然而服务来源于生态系统的过程,它是难以看到的,其效益是非市场性的、不具体的、难以度量的,然而又是非常重要的,生态恢复的目标必须在商品和服务间达到一种平衡,也就是通常所说的生态、经济和社会三个效益的统一,以确保人类的福利。生态恢复与自然资源的合理利用、环境保护等密切相关,是执行国家协调可持续发展战略的具体步骤,对国家建设具有积极的现实意义。

1.4 常绿阔叶林生态系统退化研究方案

常绿阔叶林作为我国的一种主要森林生态系统,分布范围很广,退化趋势尚未得到有效控制,加速生态恢复刻不容缓,开展常绿阔叶林退化机制的研究已是迫在眉睫。此项研究包括以下几方面。

1.4.1 常绿阔叶林生态系统退化类型与动因研究

生态系统退化的具体过程与干扰的性质、强度和延续时间有关。常绿阔叶林生态系统物种组成多样,群落结构复杂,生境条件有别,在不同干扰条件下,退化类型多种多样,其中既有在不经意干扰下的退化类型,也有在人为经营下的退化类型;有的退化严重,有的退化较轻;有的需要复原,有的需要改造,有的则需要再建。退化类型不同,恢复的对策和措施亦不应一样,为了有效地进行生态恢复,划分退化类型并对各种退化类型的群落组成结构、生境条件、干扰作用等进行研究,找出生态系统退化的关键因素和敏感特征,是常绿阔叶林生态系统退化研究的前提和基础。

1.4.2 常绿阔叶林生态系统退化机制研究

生态系统退化研究的核心是要追踪生态系统退化的内部过程,揭示退化的机制,只

有这样才能更好地控制退化过程，加速退化生态系统的恢复。为此，需要进行以下的研究：

(1) 常绿阔叶林生态系统退化过程中的系统结构动态

在群落水平上研究生态系统退化过程中各组成成分（植物群落、动物群落、微生物群落等）的结构动态，包括物种多样性、功能型等，特别是地下部分的土壤动物和土壤微生物作用的研究，以及退化过程中群落生境变化的研究，揭示影响生物群落结构动态的关键因素及其相互关系。

(2) 常绿阔叶林生态系统退化过程中主要物种的生态学

从种群、个体水平上研究退化生态系统中主要种类，特别是优势种的生理生态、种群统计、繁殖生态以及种群遗传特征等，揭示它们在退化过程中的更替动态，阐明它们在维持生态系统抗干扰能力和恢复能力中的表现和对干扰的响应模式。

(3) 受损常绿阔叶林退化过程中生态系统功能的变化

受损常绿阔叶林生态系统退化过程中植物光能利用率、营养物质的迁移、转化特征，特别是土壤-植物系统间的相互作用过程，揭示它们的变化格局，分析能流、物流在生态系统退化和自恢复力中的作用机制。

(4) 片断化在常绿阔叶林生态系统退化中的作用

片断化是生态系统受损的主要类型之一，研究片断化对常绿阔叶林分布格局的影响及由此引发的组成结构、物种多样性变化，以及对主要物种遗传生态学的影响。阐明它们在不同退化过程中的动态变化以及对干扰的响应，揭示退化过程中关键阶段的指示特征，预测种群的变化趋势。

1.4.3 常绿阔叶林生态系统退化诊断与预警研究

通过对受损常绿阔叶林生态系统退化过程中结构、功能、过程动态变化的研究，构建生态系统受损程度的评价指标体系和诊断方法。在对生态系统稳定性、抗干扰能力、恢复力等方面分析，以及片断化导致的生态系统退化研究基础上，探讨生态系统退化的生态阈值，为建立预警预报提供依据。

1.4.4 常绿阔叶林退化的控制与生态恢复实验

加速受损常绿阔叶林生态恢复是我们研究的根本目的，由于生态系统退化是一个时间过程，当前的研究多是以空间序列代替时间序列，为了直接探明不同受损程度常绿阔叶林的退化以及恢复过程中的关键因子，定点的长期实验是十分必要的。通过模拟不同干扰强度的人工采伐，追踪生态系统退化状况，监控自然恢复及人工恢复过程中生物群

落和生境条件的变化,揭示恢复过程中主要限制因子,以便制定加速常绿阔叶林恢复的措施。

1.4.5 研究的总体设计

根据上述的研究内容,研究重点在于常绿阔叶林生态系统退化机制的探索,研究路线图如图 1-1 所示。

此项研究以浙江宁波天童国家森林公园和千岛湖地区的常绿阔叶林为重点,区域范围扩展到江苏、浙江、安徽、江西、福建和上海五省一市。

天童国家森林公园位于浙江省鄞州市,距宁波市区 28km,地处北纬 $29^{\circ}48'$,东经 $121^{\circ}47'$ (图 1-2)。在中国植被区划中属中亚热带常绿阔叶林北部亚地带,浙闽山丘甜槠、木荷林区(吴征镒,1980),地带性植被是典型常绿阔叶林,森林公园范围内常绿阔叶林由于受到天童寺的保护,生长良好,20世纪50年代末局部曾遭到一次破坏,此后即处在次生演替的恢复过程中,形成了现今常绿阔叶林的次生演替系列。公园周边还有不同退化程度的各种自然植被和人工植被,为植被动态研究提供了很好的条件(宋永昌等,1995)。

宁波天童地区的气候属典型的亚热带季风气候,全年温暖湿润,年平均温度为 16.2°C ,最热月为7月,平均温度为 28.1°C ,极端最高气温为 38.7°C ;最冷月为1月,平均温度为 4.2°C ,极端最低气温为 -8.5°C 。 $>10^{\circ}\text{C}$ 的平均活动积温为 5166.2°C ;Kira 氏温暖指数(WI)^①为 135°C ,寒冷指数(CI)为 -0.8°C ;无霜期 237.8天,全年稳定通过 10°C 初终日间隔日数为 235.1天。年平均降雨量为 1374.7mm,集中在夏季(6~8月),占全年雨量 35%~40%,冬季(12月至翌年2月)雨量仅占全年的 10%~15%。春季雨量一般大于秋季(9~11月)。因受梅雨锋系和台风的影响,年内降雨有两个高峰,分别在5、6月和7、8月。年相对湿度高达 82%,变率不大,各季之间最大变率均在 5%以下。年蒸发量 1320.1mm,小于降水量,全年各月只有7~10月蒸发量稍大于的降水量。土壤主要为山地黄红壤,成土母质主要是中生代的沉积岩和部分酸性火成岩以及石英砂岩和部分花岗岩残积风化物。土层厚薄不一,一般在 1m左右,质地以中壤至重壤为主,pH为 4.5~5.0。

千岛湖位于浙江省淳安县,地处北纬 $29^{\circ}22' \sim 29^{\circ}50'$ 、东经 $118^{\circ}34' \sim 119^{\circ}15'$,是1959年新安江水电站拦坝蓄水形成的大型水库,面积 573km^2 ,分布着大小岛屿 1078个,湖区的地带性植被也是常绿阔叶林,由于人为破坏现已消失殆尽,现存植被是建库后经过封山育林和人工栽种的、处于不同阶段的天然次生林和人工林。湖区气候属典型的亚热带季风气候,全年温暖湿润,年平均温度为 17.0°C ,7月平均温度为 28.9°C ,极端最高气温为 41.8°C ;1月平均温度为 5.0°C ,极端最低气温为 -7.6°C 。 $>10^{\circ}\text{C}$ 的平均活动积温为 5409.9°C ;无霜期 263天。年平均降雨量为 1429.9mm,年蒸发量

① Kira 氏温暖指数(WI) = $\sum (t-5)$,寒冷指数(CI) = $-\sum (5-t')$,式中: t 为大于 5°C 的月平均温度; t' 为小于 5°C 的月平均温度。

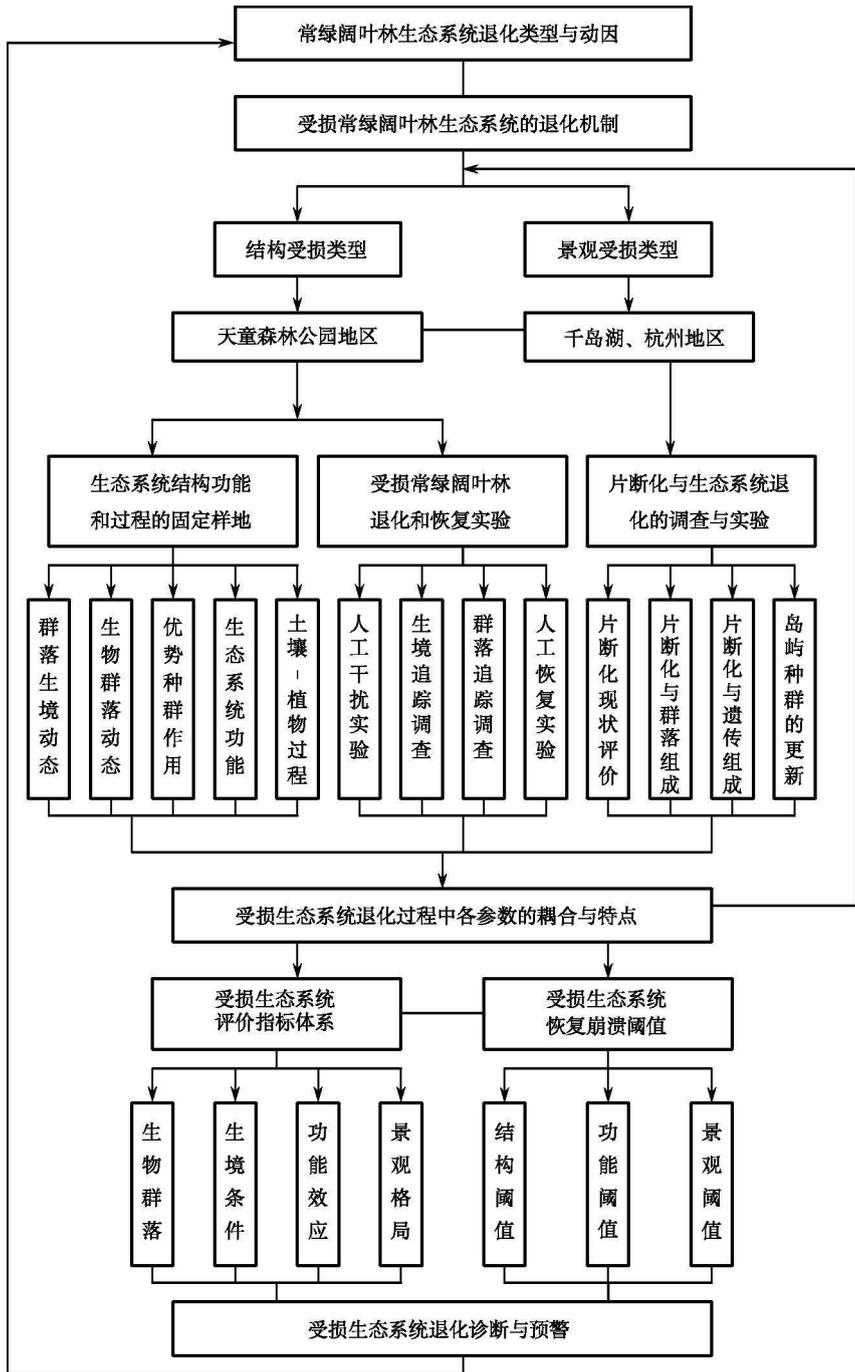


图 1-1 研究方案技术路线框图

Fig. 1-1 Diagram of the study scheme

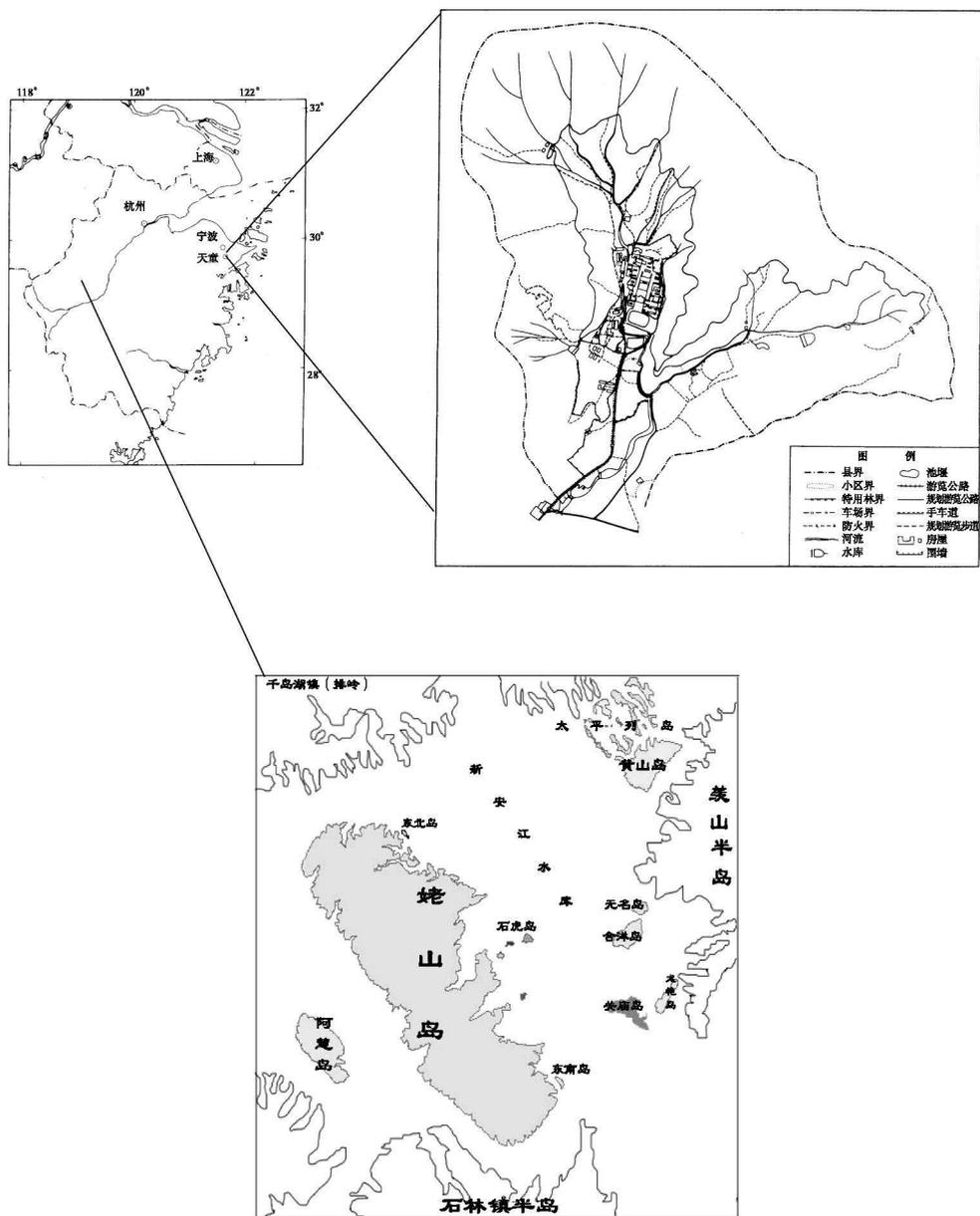


图 1-2 研究地区概图

Fig. 1-2 Location of study area

1381.5mm, 年相对湿度高达 76%。土壤主要为红壤、黄壤, 土层厚薄不一, 一般在 50~120cm, 质地中壤至重壤, pH 5.5 左右。

常绿阔叶林结构受损退化的研究重点在宁波天童森林公园地区进行, 在以往研究的基础上 (宋永昌等, 1995; 丁圣彦, 1999), 利用已设置六块固定样地 (表 1-1, 表 1-2), 研究不同退化程度的常绿阔叶林生态系统的组成结构、生境的动态变化, 优势种

续表

植物 中文名	植物拉丁名	层次	I		II		III		IV		V	
			株数	相对	株数	相对	株数	相对	株数	相对	株数	相对
			或多度	重要值	或多度	重要值	或多度	重要值	或多度	重要值	或多度	重要值
薯豆	<i>Elaeocarpus japonicus</i>	T	1	1.45	•	•	•	•	•	•	•	•
光叶山矾	<i>Symplocos lancifolia</i>	T	1	1.40	•	•	2	4.16	•	•	•	•
交让木	<i>Daphniphyllum macropodum</i>	T	1	1.40	•	•	•	•	•	•	1	1.05
黄牛奶树	<i>Symplocos laurina</i>	T	1	1.39	•	•	•	•	•	•	•	•
浙江新木姜子	<i>Neolitsea aurata</i> var. <i>chekiangensis</i>	T	1	1.39	•	•	•	•	•	•	•	•
青冈	<i>Cyclobalanopsis glauca</i>	T	1	1.38	•	•	•	•	•	•	•	•
马尾松	<i>Pinus massoniana</i>	T	•	•	10	18.82	7	31.46	16	40.85	9	23.34
石栎	<i>Lithocarpus glaber</i>	T	•	•	10	9.78	•	•	•	•	29	18.46
苦槠	<i>Castanopsis sclerophylla</i>	T	•	•	7	5.90	1	2.32	•	•	1	1.07
杨梅	<i>Myrica rubra</i>	T	•	•	2	2.03	1	2.50	1	2.03	8	5.69
老鼠矢	<i>Symplocos stellaris</i>	T	•	•	1	0.89	•	•	•	•	2	2.32
赤皮青冈	<i>Cyclobalanopsis gilva</i>	T	•	•	•	•	4	9.19	•	•	•	•
欆木	<i>Loropetalum chinense</i>	T	•	•	•	•	•	•	6	6.25	5	3.63
杉木	<i>Cunninghamia lanceolata</i>	T	•	•	•	•	•	•	3	5.37	4	4.11
延平柿	<i>Diospyros tsangii</i>	T	•	•	•	•	•	•	•	•	4	3.48
赤楠	<i>Syzygium buxifolium</i>	T	•	•	•	•	•	•	•	•	2	1.98
四川山矾	<i>Symplocos setchuensis</i>	T	•	•	•	•	•	•	•	•	1	1.00
山矾	<i>Symplocos sumuntia</i>	T	•	•	•	•	•	•	•	•	1	0.98
马银花	<i>Rhododendron ovatum</i>	T	•	•	•	•	•	•	•	•	1	0.97
连蕊茶	<i>Camellia fraterna</i>	S	72	17.37 ^B	37	5.45	154	16.39	8	3.17	6	0.77
栲树	<i>Castanopsis fargesii</i>	S	44	10.04	32	5.42	16	1.93	7	2.63	•	•
毛枝冬青	<i>Ilex buergeri</i>	S	14	5.20	•	•	•	•	•	•	•	•
细齿柃	<i>Eurya loquaiana</i>	S	14	4.08	•	•	•	•	•	•	•	•
狗骨柴	<i>Tricalysia dubia</i>	S	9	3.88	2	0.34	•	•	•	•	•	•
羊舌树	<i>Symplocos glauca</i>	S	10	3.75	•	•	•	•	•	•	•	•
浙江新木姜子	<i>Neolitsea aurata</i> var. <i>cheki-angensis</i>	S	10	3.20	1	0.26	•	•	1	0.54	•	•
橄榄槭	<i>Acer olivaceum</i>	S	9	3.04	2	0.52	1	0.32	•	•	•	•
山矾	<i>Symplocos sumuntia</i>	S	10	2.92	63	9.32	152	16.24	70	16.58	55	8.67
细齿柃	<i>Eurya nitida</i>	S	10	2.92	7	1.27	•	•	•	•	•	•
交让木	<i>Daphniphyllum macropodum</i>	S	8	2.89	2	0.52	1	0.32	•	•	•	•
老鼠矢	<i>Symplocos stellaris</i>	S	9	2.49	23	4.52	26	5.58	6	2.86	•	•
笔罗子	<i>Meliosma rigida</i>	S	8	2.33	•	•	•	•	•	•	•	•
黄牛奶树	<i>Symplocos laurina</i>	S	7	2.18	1	0.26	•	•	•	•	•	•
隔药柃	<i>Eurya muricata</i>	S	5	2.16	11	2.49	73	9.59	5	2.32	2	0.80
红皮树	<i>Styrax suberifolia</i>	S	8	2.05	•	•	1	0.32	•	•	•	•

续表

植物 中文名	植物拉丁名	层次	I		II		III		IV		V	
			株数	相对	株数	相对	株数	相对	株数	相对	株数	相对
			或多度	重要值	或多度	重要值	或多度	重要值	或多度	重要值	或多度	重要值
天竺桂	<i>Cinnamomum japonicum</i>	S	8	2.05	•	•	•	•	•	•	•	•
红楠	<i>Machilus thunbergii</i>	S	5	1.88	3	0.78	4	1.27	2	1.08	•	•
窄基红褐柃	<i>Eurya rubiginosa</i> var. <i>attenuata</i>	S	5	1.88	91	11.90	76	10.05	27	9.58	74	9.76
榄绿粗叶木	<i>Lasianthus lancilimbus</i>	S	6	1.75	•	•	•	•	•	•	•	•
木荷	<i>Schima superba</i>	S	4	1.73	2	0.52	2	0.63	3	1.62	15	3.41
皱柄冬青	<i>Ilex kengii</i>	S	4	1.73	1	0.26	2	0.39	•	•	•	•
光叶山矾	<i>Symplocos lancifolia</i>	S	4	1.45	6	1.02	34	6.42	•	•	•	•
绵柯	<i>Lithocarpus harlandii</i>	S	5	1.32	•	•	•	•	•	•	•	•
红叶树	<i>Helicia cochinchinensis</i>	S	3	1.29	9	2.33	•	•	•	•	•	•
铁冬青	<i>Ilex rotunda</i>	S	3	1.29	•	•	1	0.32	•	•	•	•
杨梅	<i>Myrica rubra</i>	S	4	1.17	15	3.17	2	0.63	•	•	24	3.10
青冈	<i>Cyclobalanopsis glauca</i>	S	3	1.01	•	•	•	•	•	•	•	•
薄叶山矾	<i>Symplocos anomala</i>	S	2	0.86	•	•	•	•	•	•	•	•
黄丹木姜子	<i>Litsea elongata</i>	S	2	0.86	4	0.86	•	•	•	•	•	•
青栲	<i>Cyclobalanopsis myrsinaefolia</i>	S	2	0.86	5	0.94	4	1.27	3	1.24	•	•
石栎	<i>Lithocarpus glaber</i>	S	2	0.86	25	4.14	5	1.58	13	5.88	64	9.67
石楠	<i>Photinia serrulata</i>	S	2	0.86	•	•	3	0.71	•	•	•	•
薯豆	<i>Elaeocarpus japonicus</i>	S	2	0.86	5	1.30	1	0.32	•	•	•	•
腺叶桂樱	<i>Prunus phaeosticta</i>	S	2	0.86	•	•	•	•	•	•	•	•
刺毛越桔	<i>Vaccinium trichocladum</i>	S	3	0.74	•	•	1	0.32	•	•	•	•
杨桐	<i>Cleyera japonica</i>	S	3	0.74	•	•	4	0.78	2	1.08	5	0.70
薄叶润楠	<i>Machilus leptophylla</i>	S	1	0.43	•	•	•	•	•	•	•	•
冬青	<i>Ilex purpurea</i>	S	1	0.43	•	•	1	0.32	1	0.54	•	•
杜英	<i>Elaeocarpus decipiens</i>	S	1	0.43	•	•	1	0.32	1	0.54	•	•
马银花	<i>Rhododendron ovatum</i>	S	1	0.43	133	14.87	30	5.15	59	14.50	•	•
赛山梅	<i>Styrax confusus</i>	S	1	0.43	•	•	7	1.73	1	0.54	3	1.20
杉木	<i>Cunninghamia lanceolata</i>	S	1	0.43	•	•	3	0.71	6	2.09	14	3.33
野漆树	<i>Toxicodendron succedaneum</i>	S	1	0.43	•	•	2	0.63	2	0.70	•	•
野柿子	<i>Diospyros kaki</i> var. <i>sylvestris</i>	S	1	0.43	•	•	•	•	•	•	•	•
米槠	<i>Castanopsis carlesii</i>	S	•	•	41	7.21	•	•	•	•	•	•
黑山山矾	<i>Symplocos heishanensis</i>	S	•	•	41	6.67	5	1.58	1	0.54	•	•
米饭	<i>Vaccinium mandarinorum</i>	S	•	•	17	3.33	15	3.30	19	6.80	•	•
欆木	<i>Loropetalum chinense</i>	S	•	•	13	3.01	8	2.05	73	17.43	145	16.03
赤楠	<i>Syzygium buxifolium</i>	S	•	•	11	1.77	•	•	•	•	31	5.25

续表

植物 中文名	植物拉丁名	层次	I		II		III		IV		V	
			株数	相对	株数	相对	株数	相对	株数	相对	株数	相对
			或多度	重要值	或多度	重要值	或多度	重要值	或多度	重要值	或多度	重要值
狗脊	<i>Woodwardia japonica</i>	H	0.70	5.96	0.70	7.83	1.90	14.98	1.90	14.91	0.03	0.74
里白	<i>Diplazium laevissimum</i>	H	0.70	5.96	•	•	•	•	•	•	•	•
红楠	<i>Machilus thunbergii</i>	H	0.63	4.08	0.08	2.15	0.05	1.20	0.05	1.59	•	•
菝葜	<i>Smilax china</i>	H	0.10	2.52	0.08	2.15	0.08	1.80	0.05	1.59	0.10	2.97
白花野木瓜	<i>Stauntonia leucantha</i>	H	0.10	2.52	•	•	0.05	1.20	•	•	•	•
杜英	<i>Elaeocarpus decipiens</i>	H	0.10	2.52	•	•	0.03	0.60	•	•	•	•
红凉伞	<i>Ardisia crenata f. bicolor</i>	H	0.10	2.52	0.03	0.72	0.10	2.39	•	•	•	•
绵柯	<i>Lithocarpus harlandii</i>	H	0.10	2.52	•	•	•	•	•	•	•	•
栲树	<i>Castanopsis fargesii</i>	H	0.10	2.52	0.10	2.87	0.10	2.39	0.08	2.39	0.03	0.74
络石	<i>Trachelospermum jasminoides</i>	H	0.10	2.52	•	•	0.10	2.39	0.03	0.80	•	•
木荷	<i>Schima superba</i>	H	0.10	2.52	0.10	2.87	0.05	1.20	0.03	0.80	0.08	2.23
朱砂根	<i>Ardisia crenata</i>	H	0.10	2.52	•	•	•	•	•	•	•	•
杜茎山	<i>Maesa japonica</i>	H	0.08	1.89	•	•	•	•	•	•	•	•
狗骨柴	<i>Tricalysia dubia</i>	H	0.08	1.89	•	•	•	•	•	•	•	•
绞股蓝	<i>Gynostemma pentaphyllum</i>	H	0.08	1.89	•	•	•	•	•	•	•	•
连蕊茶	<i>Camellia fraterna</i>	H	0.08	1.89	0.70	7.83	0.70	6.59	0.08	2.39	0.08	2.23
橄榄槭	<i>Acer olivaceum</i>	H	0.05	1.26	•	•	•	•	•	•	•	•
赤楠	<i>Syzygium buxifolium</i>	H	0.05	1.26	•	•	•	•	0.05	1.59	0.10	2.97
黄牛奶树	<i>Symplocos laurina</i>	H	0.05	1.26	•	•	•	•	•	•	•	•
黄丹木姜子	<i>Litsea elongata</i>	H	0.05	1.26	0.05	1.43	0.03	0.60	•	•	•	•
山黄皮	<i>Randia cochinchinensis</i>	H	0.05	1.26	•	•	•	•	•	•	•	•
毛枝冬青	<i>Ilex buergeri</i>	H	0.05	1.26	•	•	0.03	0.60	•	•	•	•
石栎	<i>Lithocarpus glaber</i>	H	0.05	1.26	0.70	7.83	0.10	2.39	0.10	3.18	5.63	15.88
天竺桂	<i>Cinnamomum japonicum</i>	H	0.05	1.26	•	•	•	•	•	•	•	•
土茯苓	<i>Smilax glabra</i>	H	0.05	1.26	0.08	2.15	0.05	1.20	0.10	3.18	0.10	2.97
薜荔	<i>Ficus pumila</i>	H	0.03	0.63	•	•	•	•	•	•	•	•
薄叶润楠	<i>Machilus leptophylla</i>	H	0.03	0.63	•	•	•	•	•	•	•	•
大青	<i>Clerodendrum cyrtophyllum</i>	H	0.03	0.63	•	•	•	•	•	•	•	•
黑山山矾	<i>Symplocos heishanensis</i>	H	0.03	0.63	0.68	7.11	•	•	•	•	•	•
交让木	<i>Daphniphyllum macropodum</i>	H	0.03	0.63	•	•	•	•	•	•	•	•
榄绿粗叶木	<i>Lasianthus lancilimbus</i>	H	0.03	0.63	•	•	•	•	•	•	•	•
褐叶青冈	<i>Cyclobalanopsis stewardiana</i>	H	0.03	0.63	•	•	0.03	0.60	•	•	•	•
红叶树	<i>Helicia cochinchinensis</i>	H	0.03	0.63	0.03	0.72	0.03	0.60	•	•	•	•
米楮	<i>Castanopsis carlesii</i>	H	0.03	0.63	0.08	2.15	•	•	•	•	•	•
苦楮	<i>Castanopsis sclerophylla</i>	H	0.03	0.63	0.10	2.87	0.10	2.39	0.10	3.18	2.50	8.58

续表

植物 中文名	植物拉丁名	层次	I		II		III		IV		V	
			株数	相对	株数	相对	株数	相对	株数	相对	株数	相对
			或多度	重要值	或多度	重要值	或多度	重要值	或多度	重要值	或多度	重要值
细枝枹	<i>Eurya loquaiana</i>	H	0.03	0.63	•	•	•	•	•	•	•	•
羊舌树	<i>Symplocos glauca</i>	H	0.03	0.63	•	•	•	•	•	•	•	•
浙江樟	<i>Cinnamomum chekiangense</i>	H	0.03	0.63	•	•	•	•	•	•	•	•
皱柄冬青	<i>Ilex kengii</i>	H	0.03	0.63	•	•	•	•	•	•	•	•
米饭	<i>Vaccinium mandarinorum</i>	H	0.03	0.63	•	•	0.05	1.20	0.50	4.52	•	•
青栲	<i>Cyclobalanopsis myrsinaefolia</i>	H	0.03	0.63	0.05	1.43	0.05	1.20	0.03	0.80	•	•
山矾	<i>Symplocos sumuntia</i>	H	0.03	0.63	0.70	7.83	1.28	10.19	1.90	14.91	0.05	1.49
石楠	<i>Photinia serrulata</i>	H	0.03	0.63	•	•	0.08	1.80	•	•	•	•
薯豆	<i>Elaeocarpus japonicus</i>	H	0.03	0.63	0.03	0.72	0.05	1.20	•	•	0.03	0.74
石斑木	<i>Raphiolepis indica</i>	H	0.03	0.63	•	•	0.05	1.62	0.03	0.80	0.10	2.97
薯蓣	<i>Dioscorea opposita</i>	H	0.03	0.63	•	•	0.03	0.60	0.50	4.52	•	•
藁草一种	<i>Carex</i> sp.	H	0.03	0.63	•	•	0.08	2.40	0.03	1.60	•	•
羊角藤	<i>Morinda umbellata</i>	H	0.03	0.63	0.08	2.15	0.08	1.80	0.10	3.18	0.03	0.74
窄基红褐柃	<i>Eurya rubiginosa</i> var. <i>attenuata</i>	H	0.03	0.63	0.10	2.87	0.05	1.20	0.65	5.50	0.68	3.63
紫萁	<i>Osmunda japonica</i>	H	0.03	0.63	•	•	•	•	•	•	•	•
铁芒萁	<i>Dicranopteris pedata</i>	H	•	•	0.70	7.83	0.03	0.60	0.63	4.70	8.15	21.78
茶	<i>Camellia sinensis</i>	H	•	•	0.10	2.87	•	•	0.10	3.18	•	•
老鼠矢	<i>Symplocos stellaris</i>	H	•	•	0.10	2.87	0.08	1.80	•	•	0.05	1.49
马银花	<i>Rhododendron ovatum</i>	H	•	•	0.10	2.87	0.08	1.80	0.10	3.18	•	•
乌饭	<i>Vaccinium bracteatum</i>	H	•	•	0.10	2.87	0.10	2.39	•	•	0.70	4.38
杜鹃	<i>Rhododendron simsii</i>	H	•	•	0.08	2.15	0.08	1.80	•	•	0.08	2.23
箬竹	<i>Indocalamus tessellatus</i>	H	•	•	0.08	2.15	0.05	1.20	•	•	0.03	0.74
香港黄檀	<i>Dalbergia millettii</i>	H	•	•	0.08	2.15	0.03	0.60	•	•	0.05	1.49
杨梅	<i>Myrica rubra</i>	H	•	•	0.08	2.15	0.05	0.77	0.03	0.80	0.68	3.63
光叶山矾	<i>Symplocos lancifolia</i>	H	•	•	0.05	1.43	0.05	1.20	•	•	•	•
杉木	<i>Cunninghamia lanceolata</i>	H	•	•	0.05	1.43	•	•	0.03	0.80	0.08	2.23
薄叶山矾	<i>Symplocos anomala</i>	H	•	•	0.03	0.72	•	•	•	•	•	•
华东木犀	<i>Osmanthus cooperi</i>	H	•	•	0.03	0.72	•	•	•	•	•	•
雷公鹅耳枥	<i>Carpinus viminea</i>	H	•	•	0.03	0.72	•	•	•	•	•	•
榿木	<i>Loropetalum chinense</i>	H	•	•	0.03	0.72	0.05	1.20	0.10	3.18	1.88	6.44
野茉莉	<i>Styrax japonicus</i>	H	•	•	0.03	0.72	0.03	0.60	0.03	0.80	0.05	1.49
赤皮青冈	<i>Cyclobalanopsis gilva</i>	H	•	•	•	•	0.70	6.59	•	•	•	•
大吴风草	<i>Farfugium japonicum</i>	H	•	•	•	•	0.05	1.20	•	•	•	•
淡竹叶	<i>Lophatherum gracile</i>	H	•	•	•	•	0.05	1.20	0.08	2.39	•	•
胡颓子	<i>Elaeagnus pungens</i>	H	•	•	•	•	0.05	1.20	•	•	•	•

续表

植物 中文名	植物拉丁名	层次	I		II		III		IV		V	
			株数 或多度	相对 重要值								
鸡血藤	<i>Millettia reticulata</i>	H	•	•	•	•	0.05	1.20	•	•	•	•
花榈木	<i>Ormosia henryi</i>	H	•	•	•	•	0.05	1.20	0.03	0.80	•	•
南无味子	<i>Kadsura longipedunculata</i>	H	•	•	•	•	0.05	1.20	0.03	0.80	•	•
紫金牛	<i>Ardisia japonica</i>	H	•	•	•	•	0.05	1.20	•	•	•	•
冬青	<i>Ilex purpurea</i>	H	•	•	•	•	0.03	0.60	•	•	•	•
枫香	<i>Liquidambar formosana</i>	H	•	•	•	•	0.03	0.60	0.03	0.80	•	•
灰毛泡	<i>Rubus irenaeus</i>	H	•	•	•	•	0.03	0.60	•	•	•	•
鳞毛蕨	<i>Dryopteris sp.</i>	H	•	•	•	•	0.03	0.60	0.05	1.60	•	•
青冈	<i>Cyclobalanopsis glauca</i>	H	•	•	•	•	0.03	0.60	•	•	•	•
四川山矾	<i>Symplocos setchuensis</i>	H	•	•	•	•	0.03	0.60	0.08	2.39	•	•
杨桐	<i>Cleyera japonica</i>	H	•	•	•	•	0.03	0.60	•	•	•	•
宜昌荚蒾	<i>Viburnum erosum</i>	H	•	•	•	•	0.03	0.60	•	•	•	•
虎刺	<i>Damnacanthus indicus</i>	H	•	•	•	•	•	•	0.03	0.80	•	•
萹草	<i>Arthraxon hispidus</i>	H	•	•	•	•	•	•	0.03	0.80	•	•
山胡椒	<i>Lindera glauca</i>	H	•	•	•	•	•	•	0.03	0.80	•	•
山鸡椒	<i>Litsea cubeba</i>	H	•	•	•	•	•	•	0.03	0.80	•	•
苦竹	<i>Pleioblastus amarus</i>	H	•	•	•	•	•	•	•	•	0.10	2.97
五节芒	<i>Miscanthus floridulus</i>	H	•	•	•	•	•	•	•	•	0.05	1.49
白栎	<i>Quercus fabri</i>	H	•	•	•	•	•	•	•	•	0.03	0.74

注：A. 乔木层植物相对重要值 = (相对多度 + 相对频度 + 相对显著度) / 3；B. 灌木层植物相对重要值 = (相对多度 + 相对频度) / 2；C. 草本层植物相对重要值 = (相对多盖度中值 + 相对频度) / 2；D. 相对多盖度中值。
 I. 栲树群落 (*Castanopsis fargesii* Comm.)，II. 木荷群落 (*Schima superba* Comm.)，III. 马尾松 + 木荷群落 (*Pinus massoniana* + *Schima superba* Comm.)，IV. 马尾松群落 (*Pinus massoniana* Comm.)，V. 石栎 + 檫木群落 (*Lithocarpus glaber* + *Loropetalum chinense* Comm.)

常绿阔叶林景观受损退化类型除在宁波地区进行研究外，还利用新安江水电站拦坝蓄水形成的千岛湖及城市发展造成的片断化进行研究。大尺度范围涉及江苏、浙江、安徽、江西、福建和上海五省一市，利用遥感影像资料对这一地区常绿阔叶林景观受损类型进行分析和评估；在小尺度范围上则对宁波天童地区常绿阔叶林片断化，杭州城市建设和新安江水库建设所造成的景观片断化进行研究，探索片断化对优势种和伴生种遗传组成的影响，以及对物种组成、种群结构和更新的影响。

1.5 小 结

生态系统退化的根本特征是生态系统在人为干扰或自然胁迫下，结构简化、组成成分减少、物流能流受阻、平衡状态破坏、更新能力减弱，以及生态服务功能的持续下降。逆行演替是生态系统退化的一种主要形式，此外还包括不合理的开发活动导致的片

断化带来的复合生态系统结构失调和功能失衡,从而造成景观退化。生态系统退化的判断标准是其对顶极生态系统,或初始生态系统状态的偏离,以及生态景观格局的受损。从生态系统的种类组成、群落结构、种间关系、更新能力、物质生产与循环、服务功能、生境条件、抗干扰能力、以及景观格局等方面总结了9条判断标准。

生态系统退化是当前人类面临的一个全球性的生态问题,我国生态系统退化也十分严重。常绿阔叶林作为我国的一种主要森林生态系统,在长期的人类活动的干扰下,存在严重退化趋势,大部分退化为次生灌丛、灌草丛,直至裸地,以至基本上丧失了自我恢复能力。要有效地抑制生态退化,加速生态恢复,有必要系统地进行常绿阔叶林退化及其机制的研究。此项研究包括:

1) 常绿阔叶林生态系统退化类型与动因:在退化类型划分的基础上,分析产生原因,找出系统退化的关键因素和敏感特征。

2) 常绿阔叶林生态系统退化机制:在群落水平、种群水平,以及种群遗传水平上揭示受损常绿阔叶林退化过程中生态系统的结构、过程和功能演变,主要物种,特别是优势种在退化过程中的作用与反应;探明片断化在常绿阔叶林生态系统退化中的作用。

3) 常绿阔叶林生态系统退化诊断与预警:通过对受损常绿阔叶林生态系统退化过程中结构、功能、过程动态变化的研究,构建生态系统受损程度的评价指标体系和诊断方法。探讨生态系统退化的生态阈值,为建立预警预报提供依据。

4) 常绿阔叶林退化的控制与生态恢复:通过模拟不同干扰强度的人工措施,追踪生态系统退化状况,监控自然恢复及人工恢复过程中生物群落和生境条件的变化,揭示恢复过程中主要限制因子。

生态系统退化研究的最终目的是生态恢复,其核心就是要恢复生态系统合理的结构、高效的功能、协调的关系以及和谐的景观。生态恢复既指已遭破坏的原生生态系统的恢复,同时也包括那些能够适应当地自然环境、并能自我维持的生态系统的恢复。退化生态系统是否已经恢复可以参照国际生态恢复学会提出的9条判断标准。

参 考 文 献

- 奥德姆 E P. 1981. 生态学基础. 孙儒泳等译. 北京:人民教育出版社
- 包维楷,陈庆恒. 1999. 生态系统退化的过程及其特点. 生态学杂志, 18 (2): 36~42
- 陈灵芝,陈伟烈. 1995. 中国退化生态系统研究. 北京:中国科学技术出版社
- 陈伟烈. 1995. 中国生态系统退化现状. 见:陈灵芝,陈伟烈主编. 中国退化生态系统研究. 北京:中国科学技术出版社, 16~23
- 陈小勇,宋永昌. 2004. 受损生态系统类型及影响其退化的关键因素. 长江流域资源与环境, 13 (1): 78~83
- 丁圣彦. 1999. 常绿阔叶林演替系列比较生态学. 开封:河南大学出版社
- 丁圣彦,宋永昌. 2003. 演替研究在常绿阔叶林抚育和恢复上的应用. 应用生态学报, 14 (3): 423~426
- 李永宏. 1988. 内蒙古锡林河流域羊草草原和克氏针茅草原在放牧影响下的分异和趋同. 植物生态学和地植物学学报, 12 (3): 189~196
- 刘国华,傅伯杰,陈利顶等. 2000. 中国生态退化的主要类型、特征及分布. 生态学报, 20 (1): 13~19
- 彭少麟. 2004. 恢复生态学研究的热点与趋势. 见:段昌群主编. 生态科学进展(第一卷). 北京:科学出版社, 411~415
- 任海,彭少麟. 2001. 恢复生态学导论. 北京:科学出版社

- 宋永昌. 2001. 植被生态学. 上海: 华东师范大学出版社
- 宋永昌, 王祥荣. 1995. 浙江天童国家森林公园的植被与区系. 上海: 科学技术文献出版社
- 汪诗平, 李永宏. 1999. 内蒙古典型草原退化机理的研究. 应用生态学报, 10 (4): 437~441
- 王炜, 梁存柱, 刘钟龄等. 2000. 草原群落退化与恢复演替中的植物个体行为分析. 植物生态学报, 24 (3): 268~274
- 魏绍成, 刘显之. 1986. 退化草场分级及其与群落演替的关系. 中国草地, 10 (1): 27~29
- 吴征镒. 1980. 中国植被. 北京: 科学出版社
- 解振华. 2005. 国家环境安全战略报告. 北京: 中国环境科学出版社
- 许木启, 黄玉瑶. 1998. 受损水域生态系统恢复与重建研究. 生态学报, 18 (5): 547~558
- 杨利民, 韩梅, 李建东. 1996. 松嫩平原主要草地群落放牧退化演替阶段的划分. 草地学报, 4 (4): 281~287
- 余作岳, 彭少麟. 1996. 热带亚热带退化生态系统植被恢复生态学研究. 广州: 广东科学技术出版社
- 章家恩, 徐琪. 1999. 恢复生态学研究的一些基本问题探讨. 应用生态学报, 10 (1): 109~113
- 昭 and 斯图, 祁永. 1987. 内蒙古短花针茅草原放牧退化序列的研究. 中国草地, 11 (1): 29~35
- 中国生物多样性国情研究报告编写组. 1988. 中国生物多样性国情研究报告. 北京: 中国环境科学出版社
- Hobbs R J & Norton D A. 1996. Towards a conceptual framework for restoration ecology. *Restoration Ecology*, 4: 93~110
- International Society for Ecological Restoration. 2005. The SER International Primer on Ecological Restoration. <http://www.ser.org>
- Tüxen R. 1956. Die heutige potentielle natürliche Vegetation als Gegenstand der Vegetations-kartierung. *Angew. Pflanzensoz.*, 13: 5~42
- UNEP. 2006. UNEP's Strategy on Land Use Management and Soil Conservation—A Strengthened Functional Approach. <http://www.unep.org/themes/land/>

Chapter 1 INTRODUCTION

ABSTRACT

SONG Yongchang, CHEN Xiaoyong, WANG Xihua

Degradation of damaged ecosystems is a global issue. Under both the artificial and natural disturbance, the basic characteristics of ecosystem degradation are simplified system structure, weakened ecological function, and decreased eco-service. The “retrogressive succession” is one of ecosystem degradation, another is landscape degradation caused by fragmentation. We summarized qualitative judgments of ecosystem degradation, which incorporate nine items: species composition of community, community structure, relationship among species, regeneration ability, material production and recycling, eco-service function, habitat condition, resistance to disturbance, and landscape pattern of complex ecosystem. The purpose of study is to restore the ecosystem more rationally, not only to restore the destroyed primary ecosystem, but also to restore the ecosystem to adapt to the local natural environment. The critical importance is that they can be self-sustaining, relative stabilizing and coordinate with landscape pattern of complex ecosystem.

Evergreen broad-leaved forest is a zonal forest ecosystem of subtropical zone of China. Under the long-term disturbance of human activity, there is a trend of continuous degradation, and most of evergreen broad-leaved forests have been deteriorated to secondary shrubs and shrub-grasslands, even to bare lands. The degraded vegetations have low restoration ability, and therefore, controlling deterioration and accelerating ecosystem restoration are urgent issues.

This book is a collection of the studies on degradation and restoration of evergreen broad-leaved forests in east China and focused on the area of Tiantong National Forest Park and Qiandao Lake, Zhejiang Province. These studies include: 1) degradation types of evergreen broad-leaved forest ecosystem and its causes; 2) degradation mechanism of evergreen broad-leaved forest ecosystem; 3) degradation assessment and early alarm of evergreen broad-leaved forest ecosystem; and 4) restoration of evergreen broad-leaved forest ecosystem.