

# 生态失调机理与修复方法

王应刚 著

气象出版社

# 生态失调机理与修复方法

王应刚 著

气象出版社

## 内容简介

本书探讨了生态恢复思想产生和发展的历史渊源,阐述了国内外生态恢复理论与实践的研究现状,提出了受损生态系统的修复方法和实用技术。全书分为九章,前四章主要讨论了生态恢复理论,后五章主要探讨了受损生态系统的实用修复技术。

本书可作为高等院校相关专业的教材,亦可供有关管理人员及科研人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

生态失调机理与修复方法/王应刚著. —北京:气象出版社, 2006. 1

ISBN 7-5029-3994-6

I. 生… II. 王… III. 生态系统生态学  
IV. Q148

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 125227 号

气象出版社出版

(北京市海淀区中关村南大街 46 号 邮编:100081)

总编室:010-68407112 发行部:010-62175925

网址:<http://cmp.cma.gov.cn> E-mail:qxcbs@263.net

责任编辑:王桂梅 终审:周诗健

封面设计:阳光图文工作室 责任技编:陈红 责任校对:石宝成

\*

北京科信印刷厂印刷

气象出版社发行 全国各地新华书店经销

\*

开本:880×1270 1/32 印张:9 字数:266 千字

2006 年 2 月第一版 2006 年 2 月第一次印刷

定价:22.80 元

---

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与  
本社发行部联系调换

## 序(一)

随着社会、经济的巨大发展,我国的生态保护和生态建设也取得了令人瞩目的成就。国家实施了污染防治与生态保护并重、生态保护与生态建设并举的方针,加快了生态环境保护和建设的步伐。经过多年坚持不懈的努力,全国环境状况正在由环境质量总体恶化、部分好转,向环境污染加剧趋势得到基本控制、部分城市和地区质量有所改善转变。但是,环境形势依然相当严峻,环境污染依然严重,生态恶化的趋势仍在加剧,土地严重退化、水生生态系统失衡、农村环境问题日渐突出、生物多样性锐减等问题仍在困扰我们。

生态破坏造成了巨大的经济损失,影响社会安定,加剧了自然灾害,最终制约了社会、经济的可持续发展。生态破坏的主要原因是没有遵循科学的发展观,追求“高速度”、急功近利,重开发、轻保护。生态破坏的另一个原因是生态知识的普遍缺乏,利用强度超过了生态系统的承载能力,违背了自然规律,加剧了人地关系的矛盾。由此可见,普及生态学知识,树立科学的发展观,提高全民的生态意识,尤其是提高广大决策者的科学水平,仍然任重道远。

生态学是一门与人类生存密切相关的科学,没有哪一门科学像它一样,从时空尺度和自然、社会、经济复合的角度研究生物与环境的相互关系。它的整体论思想,正在成为规范人类行为准则、谋求可持续发展的指导思想。另一方面,生态学关于系统的协同进化、退化生态系统的机理和优化人工系统的构建等,正在广泛应用于各个领域,生态学的原理和实用技

术,正在为改善环境、促进社会发展做贡献,《应用生态学》和《恢复生态学》应运而生。

王应刚博士的《生态失调机理与修复方法》是一部比较全面介绍恢复生态学原理和技术方法的好书。该书结合多年教学与科研实践,对生态学的原理、生态失调的原因与主要的修复技术做了系统论述,内容涉及主要的陆地生态系统,具有较高的理论水平和实用价值,可作为大专院校教学参考用书,同时也是环境保护工作者的重要参考书。本书的出版,将有助于恢复生态学理论和技术方法的普及,并对我国正在开展的生态保护与生态建设起到促进作用。

崔海亭

北京大学环境学院生态学系

2005年10月

## 序(二)

恢复生态学作为生态学的一个新分支,目前正处于迅速发展之中。对于生态失调机理的研究是生态恢复的重要理论基础,一直是恢复生态学关注的焦点。

黄土高原地区自然环境脆弱,在长期的人为活动影响下,生态严重失调。王应刚博士通过地处黄土高原的晋西北地区的生态恢复实践研究和理论总结,完成了著作《生态失调机理与修复方法》,具有一定的创新性。该书是目前所见对生态恢复问题进行较全面深入研究的论著,具有较高的理论水准和实践价值。全书结构严谨,观点鲜明。相信此书的出版将有助于深化我国在生态恢复方面的理论研究,并对我国类似地区全面生态恢复实践提供科学的指导。

刘鸿雁

2005年10月

## 前 言

世纪之交,人类在面临生态恶化近半个世纪之后,终于在全球范围内展开了大规模的生态修复和生态重建工作,虽然取得了一些成绩,也收到了一定的成效。但是,由于缺乏系统的相应理论作指导,治理工作中存在着很大的盲目性,屡屡出现事倍功半,甚至于完全失败的生态恢复事例。这种情况表明,迫切需要对生态恢复理论和生态恢复技术实践进行研究,需要尽快取得突破性进展,建立一套完整的生态恢复理论体系和技术体系,以便为人们进行受损生态系统恢复提供坚实的理论指导和有效的技术手段,做到事半功倍,加快全球受损生态系统的修复进程。

由此可以看出,尽快建立恢复生态学是大势所趋,既是人类生产和生活活动的需求,也是生态学理论与生产实践活动相结合的必然产物。因为恢复生态学是一门新兴的、渗透性很强的边缘学科,是专门研究在人为干扰和自然条件异常情况下,生态环境受损退化机制和恢复重建理论及技术方法的分支学科。它的创立和发展必将在人类对受损生态环境进行重建恢复的行动中发挥巨大的指导作用。

综观生态学的产生和发展历程,它的研究内容呈现出逐渐扩充的趋势,也是新的生态学分支不断产生的过程。到目前为止,已经形成了数十个生态学分支。目前,恢复生态学正处于诞生时期,本书试图在这方面做点尝试性工作,以便为恢复生态学的尽快形成添砖加瓦。不过,由于水平所限和知识的局限性,再加之可参考的资料极为有限,书中谬误之处在所难免,敬请读者批评指正。

王应刚

2005年9月

## 目 录

序(一)

序(二)

前言

<b>第一章 绪论</b> .....	(1)
<b>第一节 恢复生态学的概述</b> .....	(1)
一、恢复生态学的定义 .....	(1)
二、恢复生态学的产生和发展 .....	(1)
<b>第二节 恢复生态学的研究对象和内容</b> .....	(6)
一、恢复生态学的研究对象 .....	(6)
二、恢复生态学的研究内容 .....	(6)
三、恢复生态学的任务 .....	(8)
<b>第三节 恢复生态学的学科基础</b> .....	(9)
一、恢复生态学与相邻学科的关系 .....	(9)
二、恢复生态学的学科基础 .....	(9)
三、恢复生态学的发展趋势 .....	(9)
<b>第四节 恢复生态学研究的的基本原则及意义</b> .....	(10)
一、恢复生态学研究的的基本原则.....	(10)
二、恢复生态学研究的的意义.....	(11)
<b>第二章 生态修复的非生物基础</b> .....	(13)
<b>第一节 非生物环境与非生物因子</b> .....	(13)
一、非生物环境与非生物因子的概念.....	(13)
二、非生物因子的分类.....	(13)
<b>第二节 非生物因子的生态作用</b> .....	(14)
一、光对生物的生态作用.....	(14)
二、温度对生物的生态作用.....	(15)
三、水对生物的生态作用.....	(17)
四、土壤对生物的生态作用.....	(20)



五、大气对生物的生态作用·····	(21)
第三节 非生物环境损伤及修复机理·····	(22)
一、非生物环境的损伤·····	(22)
二、非生物环境的修复机制·····	(26)
第四节 脆弱生态环境·····	(27)
一、脆弱生态环境的概念·····	(27)
二、脆弱生态环境的特性·····	(27)
三、研究脆弱生态环境的意义·····	(30)
四、脆弱生态环境的形成原因·····	(30)
五、脆弱生态环境的损伤·····	(31)
六、受损脆弱生态环境的修复策略·····	(32)
七、脆弱生态环境的整治修复措施·····	(34)
第三章 生态修复的生物基础·····	(37)
第一节 生物对环境的适应·····	(37)
一、生物对生态因子耐受限度的调整·····	(37)
二、内稳态生物和非内稳态生物·····	(39)
三、生物保持内稳态的行为机制·····	(40)
四、生物的形态构造适应·····	(41)
五、生物的行为适应·····	(41)
六、生物的生理适应·····	(43)
七、生物的适应组合·····	(44)
第二节 种群损伤及修复·····	(45)
一、种群的概念·····	(45)
二、种群的损伤·····	(46)
三、种群的修复机理·····	(51)
第三节 生物群落损伤及修复·····	(53)
一、生物群落的定义·····	(53)
二、生物群落的损伤·····	(53)
三、生物群落的修复机理·····	(54)
第四章 生态系统受损及恢复机理·····	(56)

---

第一节 生态系统概述 .....	(56)
一、生态系统的定义 .....	(56)
二、生态系统的组成 .....	(57)
三、生态系统的类型划分 .....	(59)
第二节 生态系统发展与平衡 .....	(60)
一、生态系统的发展 .....	(60)
二、生态系统的平衡 .....	(63)
第三节 生态系统受损与修复机理 .....	(66)
一、生态系统受损的原因 .....	(66)
二、生态系统受损后的特征 .....	(67)
三、受损生态系统的修复机理 .....	(68)
<b>第五章 修复受损农田生态系统 .....</b>	<b>(70)</b>
第一节 农田生态系统概述 .....	(70)
一、农田生态系统的概念 .....	(70)
二、农田生态系统的产生和发展过程 .....	(70)
三、农田生态系统的组成 .....	(72)
四、农田生态系统的特点 .....	(74)
五、农田生态系统的结构 .....	(75)
六、农田生态系统的功能 .....	(76)
第二节 农田生态系统受损机理 .....	(81)
一、农田生态系统受损原因 .....	(82)
二、农田生态系统受损症状 .....	(82)
第三节 受损农田生态系统修复技术 .....	(97)
一、土壤中有机质含量过少的修复技术 .....	(98)
二、农田土壤团粒结构的修复技术 .....	(98)
三、沙化农田土壤的修复技术 .....	(101)
四、受侵蚀农田土壤的修复技术 .....	(101)
五、污染农田土壤的修复技术 .....	(106)
六、次生盐渍化农田土壤的修复技术 .....	(112)
七、受损农田土壤肥力的修复技术 .....	(120)

<b>第六章 修复受损河流生态系统</b> .....	(125)
<b>第一节 河流生态系统概述</b> .....	(125)
一、河流的概念 .....	(125)
二、水系 .....	(125)
三、流域 .....	(126)
四、河流水位 .....	(127)
五、河流水量 .....	(127)
六、河水补给 .....	(127)
七、河流的环境特点 .....	(130)
八、河流生物群落 .....	(131)
<b>第二节 河流生态系统存在的主要问题</b> .....	(133)
一、河流的悬浮固体物污染 .....	(133)
二、河床淤积 .....	(134)
三、河流的农药污染 .....	(135)
四、河流的重金属污染 .....	(136)
五、河流的酸、碱及一般无机盐污染.....	(138)
六、河流的有机物污染 .....	(138)
七、河流的酚类化合物污染 .....	(140)
八、河流的氰化物污染 .....	(141)
九、河流的致病微生物污染 .....	(141)
十、河流生物受到损害 .....	(142)
<b>第三节 修复受损河流生态系统的技术</b> .....	(142)
一、控制和治理河水中的悬浮固体物的技术 .....	(142)
二、治理和防治河床淤积的技术 .....	(143)
三、农药污染河流的修复技术 .....	(144)
四、重金属污染河流的修复技术 .....	(144)
五、酸、碱及一般无机盐污染河流的修复技术.....	(145)
六、有机物污染河流的修复技术 .....	(146)
七、酚类化合物污染河流的修复技术 .....	(161)
八、氰化物污染河流的修复技术 .....	(161)

---

九、致病微生物污染河流的修复技术 .....	(162)
十、受损河流生物系统的修复技术 .....	(162)
<b>第七章 修复受损湖泊生态系统</b> .....	(164)
<b>第一节 湖泊生态系统概述</b> .....	(164)
一、湖泊生态系统的概念 .....	(164)
二、湖泊生态系统的分类 .....	(164)
三、湖泊的地理分布 .....	(166)
四、湖水的理化性质 .....	(167)
五、湖水的动态 .....	(171)
六、湖泊生态系统的沉积过程 .....	(175)
七、湖泊生态系统的形态特征 .....	(178)
八、湖泊生态系统的生物群落 .....	(179)
<b>第二节 湖泊生态系统存在的主要问题</b> .....	(188)
一、湖泊围垦日趋严重 .....	(188)
二、湖泊淤积速度过快 .....	(189)
三、湖泊生物资源破坏严重 .....	(190)
四、湖泊有机物污染 .....	(192)
五、湖泊富营养化严重 .....	(192)
六、湖泊的重金属污染 .....	(194)
七、湖泊的酸、碱污染 .....	(196)
八、湖泊的酚类污染 .....	(196)
九、湖泊的氰化物污染 .....	(197)
十、湖泊的盐碱化 .....	(197)
<b>第三节 修复受损湖泊生态系统的技术</b> .....	(198)
一、过度围垦湖泊的修复技术 .....	(198)
二、淤积湖泊的修复技术 .....	(200)
三、生物资源受损湖泊的修复技术 .....	(200)
四、有机物污染湖泊的修复技术 .....	(201)
五、富营养化湖泊的修复技术 .....	(202)
六、重金属污染湖泊的修复技术 .....	(203)

七、酸、碱污染湖泊的修复技术·····	(204)
八、酚类污染湖泊的修复技术·····	(204)
九、氰化物污染湖泊的修复技术·····	(205)
十、盐碱化湖泊的修复技术·····	(205)
<b>第八章 地下水受损与修复·····</b>	<b>(207)</b>
<b>第一节 地下水概述·····</b>	<b>(207)</b>
一、地下水的概念·····	(207)
二、地下水的形成条件·····	(207)
三、岩石的水理性质·····	(209)
四、地下水的理化性质·····	(210)
五、地下水的类型·····	(212)
六、地下水的分布特征·····	(215)
<b>第二节 地下水受损问题·····</b>	<b>(217)</b>
一、地下水污染严重·····	(217)
二、地下水资源超采严重·····	(222)
三、地下水资源破坏引起的危害·····	(222)
四、地下水矿化度升高·····	(223)
<b>第三节 受损地下水资源的修复技术·····</b>	<b>(223)</b>
一、地下水污染的修复技术·····	(223)
二、过量开采地下水资源的修复技术·····	(227)
三、地下水过量开采引起危害的修复技术·····	(231)
四、地下水矿化度过高的修复技术·····	(232)
<b>第九章 修复受损森林生态系统·····</b>	<b>(233)</b>
<b>第一节 森林生态系统概述·····</b>	<b>(233)</b>
一、森林生态系统的概念·····	(233)
二、森林的生物组成和结构·····	(233)
三、森林生态系统的主要类型·····	(234)
四、森林生态系统的功能·····	(236)
<b>第二节 森林受损的原因与程度·····</b>	<b>(241)</b>
一、森林生态系统破坏的原因·····	(241)

---

二、森林受损程度 .....	(246)
第三节 森林生态系统破坏后的危害 .....	(248)
一、加快沙漠化进程 .....	(248)
二、气候出现异常 .....	(248)
三、自然灾害加重 .....	(249)
四、生物多样性受到损害 .....	(250)
五、加剧水土流失 .....	(250)
六、影响大气化学成分 .....	(251)
第四节 修复受损森林生态系统的技术 .....	(251)
一、火灾破坏森林的修复技术 .....	(252)
二、病虫害破坏森林的修复技术 .....	(256)
三、垦殖农业破坏森林的修复技术 .....	(265)
四、过度采伐木材破坏森林的修复技术 .....	(267)
五、环境污染破坏森林的修复技术 .....	(269)
参考文献 .....	(271)

# 第一章 绪论

## 第一节 恢复生态学的概述

### 一、恢复生态学的定义

有关生态破坏问题的恢复研究已有数十年的历史,但很长一段时间是处于零星和不系统状态。恢复生态学(Restoration ecology)一词是在 20 世纪 80 年代才由 Aber 和 Jordan 等一批从事生态恢复问题研究的学者提出,因此对其定义至今还存在着不同的解释和争论。一般认为,恢复生态学就是运用生态学理论,揭示生态破坏和退化的机理,研究借助于生物和非生物的工程技术方法,使受损生态环境得到恢复和重建的科学。应该说,恢复生态学的出现是生态学走向应用的必然产物,也是生态学解决当前人类面临的诸多问题的重要基础。它已成为应用生态学的一个重要分支,是生态学与林学、农学、土壤学、生物学、水利学和工程学等学科相互渗透而形成的新兴的边缘学科。恢复生态学既不同于只研究污染物在生态系统中的行为规律和危害的污染生态学,也不同于只研究森林生态系统的森林生态学和只研究农田生态系统的农业生态学等。它是具有自己特定研究对象和特定研究内容的新兴边缘分支学科。

### 二、恢复生态学的产生和发展

由于恢复生态学是生态学发展到一定阶段的产物,是以生态学理论为基础的。因此,要学习恢复生态学,就必须首先对生态学科的产生、发展和现状进行全面地了解。从广义上讲,生态学的发展同人类的历史一样古老,人类在其漫长的生存、繁衍和发展过程中,自觉和不自觉地注意到了生物与季节、生物与气候、人与其他生物之间的相互关系,通

过感性认识不断积累生态学方面的零星知识。据考证,在我国和希腊等国家的古书中都记载有生态学方面的零星知识。但作为一门独立的学科,生态学与其他学科相类似,它的产生和发展始终与人类的生活和生产活动密切相关。早在原始社会,人类为了生存,便开始了与自然界的斗争。在漫长的斗争过程中,对生物和非生物环境的认识不断加深,并初步掌握了生态方面的一些零星知识,如人类为了获取食物,就必须狩猎、采集野果和植物的种子,正是在这些活动过程中,知道了哪些动物和植物是无毒的、可以食用的,哪些动物和植物是有毒的、不能食用的。同时,也掌握了一些动植物在自然界繁殖、生长、活动和分布等的规律。据考证,早在公元前 460—285 年的时候,古希腊的一些哲学著作中就有了生态方面的零星知识的文字记载,如在 Aristotle(公元前 384—322 年)的著作中,他就按栖息地类型的不同,将动物区分为肉食、草食、杂食和特殊食性四类;在 Theophrastus(公元前 370—285 年)的著作中共记载和描述了 550 多种植物的栽培和繁殖等特性。当时 Theophrastus 进行了大范围的野外考察,东从印度开始,西到直布罗陀海峡,北到顿河流域,南到埃及。此外,在古希腊 Hippocrates 和 Empedocles 等人的著作中也有生态方面的内容。从我国来看,早在公元前 1200 年的时候,在《尔雅》中就记载了 176 种木本植物和 50 多种草本植物的形态和习性;在公元前 770—476 年的春秋战国时代所编著的《诗经》中,不仅记述了农业生产方面的知识,还对 200 多种植物的名称、形态和生态习性等进行了描述;在此后所编著的《荀子·劝学篇》、《管子·地员篇》、《周礼·地管篇》等书中都有生态方面的内容。例如:在《荀子·劝学篇》中就有这样一段话:“草木畴生,禽兽群焉!林险则鸟兽去之”;再如:在《吕氏春秋·义赏》中有“竭泽而渔,岂不获得,而明年无渔;焚藪而兽,岂不获得,而明年无兽”;此外,在其他的古书中也有许多类似的文字记载。这些都是人类对生态知识进行探索的积累。到了 16 世纪,欧洲的文艺复兴和资产阶级革命的成功,一方面对科学技术的发展提出了更高的需求;另一方面,也为进行科学研究提供了更好的思想和物质条件,从而推动了科学技术的快速发展。许多欧洲生物学家和地理学家先后进行了全球范围的考察,积累了大量的第一手资料,其



中以德国学者 A. Humboldt(洪堡)(公元 1769—1859 年)和英国学者 C. Darwin(达尔文)(公元 1809—1882 年)两人的贡献最突出。1807 年在 A. Humboldt 所著的《植物地理知识》中描述了物种的分布规律;而 1859 年在 C. Darwin 所著的《物种起源》中系统地讨论了生物与环境之间的相互关系,并做出了合乎规律的科学解释。这些工作从实践上和理论上为后来生态学的正式诞生奠定了基础。

在许多欧洲生物学家和地理学家们做了大量考察和研究工作的基础上,经过长期的积累,到了 19 世纪末,终于瓜熟蒂落,结出了硕果。丹麦植物学家 E. Warming 于 1895 年发表了《以生态地理为基础的植物分布》;随后,1898 年德国波恩大学教授 A. F. W. Schimper 发表了《以生理为基础的植物地理学》,这是两部具有划时代意义的经典著作,被认为是生态学正式诞生的标志,可以认为生态学是在 19 世纪末才正式成为自然科学体系中的一门独立学科。

从 19 世纪末生态学正式诞生开始到 1920 年,由于生态学是刚刚诞生的新兴学科,因而其发展较为缓慢。这个时期,生态学处于定性描述阶段,在生物个体和种群水平上阐述生物与环境之间的关系,包括对生物的行为、分布、组成和演替等进行定性研究。这一时期,动植物生态学并行发展,只出版和发表了少量专著与论文,如 Adams 的《动物生态学研究指南》(1913 年出版)、Jennings 的《无脊椎动物的行为》(1906 年出版)、H. C. Cowles 的《生态学》(1910 年出版)、F. E. Clements 的《生态学及生理学》(1907 年出版)和 A. G. Tansley 的《英国的植被类型》(1911 年出版)等。

从 20 世纪的 20~30 年代,生态学得到了较快发展,研究重点由对生态现象进行描述转向对生态现象进行解释,同时对种群动态变化也进行定量研究,并将统计学等数学方法引入生态学中,如 Peral 和 Read 在 1920 年对逻辑斯谛方程(Logistic equation)的再发现,这个方程是描述种群数量变化的最基本的方程;再如 Lotka 和 Voltera 在 1925 年同时提出了两个物种种群的竞争模型,即洛特卡-沃尔泰勒方程(Lotka-Voltera equation)等。生态学专著在此时期内大量问世,其中影响较大的有 R. N. Chapman 的《动物生态学,附昆虫专门参考文