

“十五”国家重点图书出版规划



雷州半岛 红树林 生态系统及其保护策略

The Mangrove Ecosystem and Its
Conservation Strategy in Leizhou Peninsula

韩维栋 高秀梅 著

华南理工大学出版社

“十五”国家重点图书出版规划



红树林

生态系统及其保护策略

The Mangrove Ecosystem and Its
Conservation Strategy in Leizhou Peninsula

江苏工业学院图书馆
生态系书章

内 容 简 介

红树林是热带和亚热带海岸潮间带的木本植物群落,其景观独特、生物多样性丰富和生理生态过程复杂,具有提供海岸保护、林区资源直接利用、环境质量维护、近海渔业维持、动物栖息等生态功能价值。是维持海岸生态平衡的重要系统,也是国际上生物多样性保护和湿地生态保护的重要对象。本书从生物多样性、群落生态、恢复生态、生态价值和保护管理等方面,系统阐述了雷州半岛红树林生态系统及其保护策略。

本书可供生物学相关专业研究的技术人员,以及大专院校林学、植物学、动物学与生态学等专业的学生参考。

图书在版编目(CIP)数据

雷州半岛红树林生态系统及其保护策略 / 韩维栋, 高秀梅著. —广州: 华南理工大学出版社, 2009. 6

ISBN 978-7-5623-3007-3

I. 雷… II. ①韩…②高… III. 雷州半岛-红树林-生态系统-自然保护-研究
IV. S796

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 016277 号

总 发 行: 华南理工大学出版社(广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

营销部电话: 020-87113487 87110964 87111048(传真)

E-mail: z2cb@scut.edu.cn

http: //www. scutpress. com. cn

策 划: 范家巧 潘宜玲

责任编辑: 范家巧 吴兆强

印 刷 者: 广东省农垦总局印刷厂

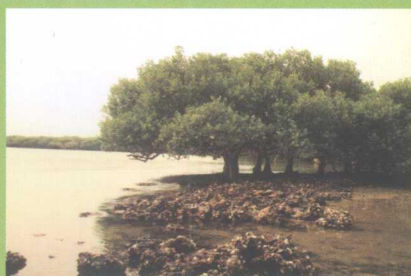
开 本: 787 mm × 1 092 mm 1/16 印张: 14.5 彩插: 2 字数: 344 千

版 次: 2009 年 6 月第 1 版 2009 年 6 月第 1 次印刷

印 数: 1 ~ 1 000 册

定 价: 30.00 元

版权所有 盗版必究



特呈岛白骨壤古树群



太平老鼠簕群落



新华卤蕨群落



特呈岛红海榄群落



高桥秋茄群落



高桥桐花树群落



附城生人工秋茄群落



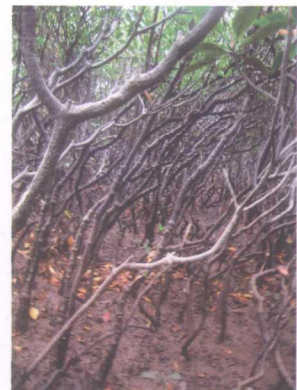
特呈岛黄槿群落



特呈岛海漆群落



附城人工无瓣海桑群落



高桥秋茄群落



红树蚬



长竹蛏



黑口滨螺



文蛤



斑玉螺



难解不等蛤



杂色蛤仔



缢蛏



杂色蛤仔



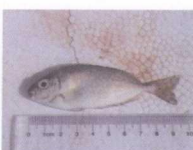
海豆芽



中华乌塘鳢



黄鳍鲷



黄斑篮子鱼



大弹涂鱼



攀鲈



圆颌针鱼



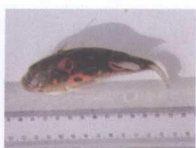
鲃



细鳞鲷



多鳞鳊



星点东方鲀



红树林地挖采贝类



红树林滩涂赶小海



红树林海湾撒多重刺网



百袋网捕获



手操网捕鱼



红树林围网



林地竹笼



红树林区网笼捕鱼



海岸安全保护



生态景观构造



生物多样性保护



国家省市领导视察红树林保护



企业家关心红树林保护



红树林生态考察



举办爱家乡爱红树林活动



红树林生态旅游



红树林生态研究



专家考察白骨壤古树群



湛江红树林中心苗圃



白骨壤果实加工利用



红树林生态养鸭

前 言

红树林(Mangrove)是指热带、亚热带潮间带的,以红树植物为主的木本植物群落,是适应陆地与海洋过渡的一种特殊的森林类型,素有“海上森林”、“水上绿洲”、“海岸卫士”、“鸟的天堂”之称,它与不断变化的环境因子组成复杂的生态系统。红树林生态系统是指包括红树林林地、林外滩涂、潮沟系,以及浅水水域的一个完整的生态系统,是地球上生产力最高的四大海洋自然生态系统之一,也是国际湿地公约局(RAMSAR)和国际自然与自然资源保护组织(IUCN, WWF 等)所致力开展的生物多样性保护和生态系统保护的重要对象,它跟农林业、减灾防灾、海洋渔业、近海环境、生态旅游等密切相关,是陆地森林不可替代的特殊生态系统。

然而,由于海岸带的不合理开发使全球红树林湿地面积急剧减少、种群衰退,海岸环境日益恶化。我国红树林也遭受了严重的人为破坏,从20世纪60年代起的40多年间,红树林面积剧减60%以上。雷州半岛红树林是我国最大片分布的红树林,其生态系统大部分遭受不同程度的破坏,多数红树林小班面积小,林分低矮分散,加强对雷州半岛红树林生态系统的保护研究具有非常重要的意义。

雷州半岛红树林生态系统保护的目的在于充分发挥与利用红树林作为自然生态系统的生态效益,通过红树林群落生态、物种多样性、生态价值等指标体系的分析,开展红树林生态系统保护策略研究,恢复红树林生态系统功能,提高红树林生态健康水平,其意义表现在保障海岸生态安全、防风护岸、净化与修复环境污染、保护生物多样性、促进近海渔业可持续发展、确保国际湿地保护公约与国际迁徙鸟类保护公约的履行、提高湛江红树林国家级自然保护区资源管理水平、开展生态旅游与生态养殖等方面。同时,通过红树树种果实的高值化利用,提高当地沿海居民的经济收入,引导他们参与红树林保护事业,促进社会、经济、生态和谐发展。

本书的出版得到2008年省部产学研合作专项资金项目“雷州半岛红树林生态系统构建与资源利用研究”(2008A030203007)、广东海洋大学红树林团队项目“雷州半岛红树林资源保护与利用研究”(0712117)和广东海洋大学图书出版基金资助,同时得到厦门大学卢昌义教授、广东海洋大学叶富良、蔡耀国、刘素青、李芳成、刘劲科、汤宝贵、叶宁、谢恩义、黄剑坚等老师和湛江红树林国家级自然保护区管理局有关同志的鼎力相助,在此一



并致以衷心的感谢!

本书力图让读者对雷州半岛红树林生态系统及其保护策略有一个总体的认识,期望在现有工作和成功经验的基础上,通过政府重视、专家呼吁和保护人员的共同努力,唤醒公众关注、保护和合理使用红树林生态系统。由于时间、经验和水平的限制,书中错漏之处在所难免,敬请同行专家和广大读者指正。

韩维栋 高秀梅

2008年10月26日于湛江

目 录

1 红树林生态系统的复杂性	(1)
1.1 复杂性的概念	(1)
1.2 红树林作为一般森林生态系统的复杂性	(1)
1.3 红树林作为湿地森林生态系统的复杂性	(2)
2 雷州半岛的自然概况	(7)
2.1 地理位置	(7)
2.2 地质与地貌	(7)
2.3 气候条件	(9)
2.4 海岸线潮汐规律	(9)
2.5 森林分布	(9)
2.6 海洋生物	(10)
2.7 鸟类	(10)
2.8 海岸滩涂资源利用	(10)
2.9 湛江红树林国家级自然保护区	(12)
3 雷州半岛红树林植物与群落组成	(14)
3.1 概述	(14)
3.2 红树林面积与分布	(15)
3.3 红树林植物组成	(18)
3.4 植物群落组成	(21)
4 雷州半岛无瓣海桑群落生态学研究	(27)
4.1 样地概况	(27)
4.2 材料与方法	(29)
4.3 无瓣海桑群落土壤动态	(31)
4.4 无瓣海桑群落生物量与能量	(38)
4.5 无瓣海桑群落 7 种元素累积和循环	(52)



5 雷州半岛红树林区的物种多样性	(62)
5.1 清查方法	(62)
5.2 雷州半岛红树林区软体动物名录(2002 年记录)	(65)
5.3 雷州半岛红树林区软体动物资源结构(2002 年记录)	(71)
5.4 雷州半岛红树林区鱼类名录(2002 年记录)	(78)
5.5 雷州半岛红树林区鱼类资源结构(2002 年记录)	(86)
5.6 高桥红树林区大型底栖生物多样性(2005 年、2006 年记录)	(89)
5.7 雷州半岛红树林区经济软体动物和鱼类养殖的可行性研究	(103)
5.8 雷州半岛红树林区的主要经济鱼类和软体动物的生物学特征	(115)
5.9 雷州半岛红树林区的鸟类	(124)
5.10 雷州半岛红树林区其他浮游动物和底栖动物名录(2002 年记录) ...	(133)
6 雷州半岛红树林生态价值评估	(137)
6.1 红树林生态服务功能	(137)
6.2 红树林的生态价值评估体系	(140)
6.3 雷州半岛红树林的生态价值评估方法	(142)
6.4 雷州半岛红树林的生态价值	(145)
7 雷州半岛红树林保护管理现状与对策	(159)
7.1 雷州半岛红树林保护管理的历史与现状	(159)
7.2 雷州半岛红树林保护管理的复杂性	(160)
7.3 雷州半岛红树林保护的目 的	(161)
7.4 雷州半岛红树林保护管理的主体	(161)
7.5 无瓣海桑等外来速生种的入侵性	(162)
7.6 雷州半岛红树林保护管理的对策	(164)
7.7 讨论	(167)
8 雷州半岛红树林资源保护与利用示范研究	(169)
8.1 特呈岛自然地理概况	(169)
8.2 特呈岛森林资源概况	(170)
8.3 特呈岛红树林土壤砷含量水平	(175)
8.4 特呈岛红树林资源保护与利用现状	(178)
8.5 特呈岛红树林资源保护与利用规划	(180)
8.6 特呈岛白骨壤果实营养成分含量及其毒理评价	(184)
8.7 特呈岛红树林生态旅游资源分析	(189)



附录一 雷州半岛红树林生态系统构建与资源利用研究项目可行性报告	(191)
1 立项依据	(191)
2 研究开发内容、特色与创新	(195)
3 研究方法、技术路线	(197)
附录二 湛江市红树林资源保护管理规定	(204)
参考文献	(206)

1 红树林生态系统的复杂性

1.1 复杂性的概念

《韦帕大词典》关于复杂性的定义如下：①具有很多不同的相互关系的组成部分、模式或因素，因而很难完全理解。②标志着涉及很多部分、方面、细节、概念，迫使人们热心研究和探索，以便了解它、驾驭它。由此可知，复杂性与事物组成的复杂性和人对事物的认识水平相关，复杂性是相对的，是可以认识的；不同的人对同一事物的复杂性有不同的结论。

我们对红树林生态系统复杂性的认识，首先要明确它是否存在复杂性，它的复杂性程度如何？从系统学理论角度，它遵循两条复杂性度量原则：①系统复杂性第一原则：系统复杂性与用来描述该系统的信息量成正比。②系统复杂性第二原则：系统复杂性与用来消除该系统的不确定性所需的信息量成正比(关肇直, 1981)。

1.2 红树林作为一般森林生态系统的复杂性

红树林是指热带、亚热带潮间带的木本植物群落(Teas, 1983; Lin, 1987)，它与不断变化的环境因子组成复杂的生态系统。红树林作为一种森林生物群落，它通过对光能的固定产生有机物质进行第一生产，具有一定的能量流动和物质循环特性以及空间组成结构的复杂性系统特性，具有一般森林生态系统的复杂性属性：①结构属性。森林生态系统包括植物、动物、微生物、土壤、气候、大气、阳光和水源等成分，这些成分在系统中形成不同的层次关系和网络结构。②功能属性。森林生态系统内组成成分之间不断进行着物质和能量的交换，从而具有各种生态功能，如人类可加以利用的森林功能有产品产出功能、生态服务功能和遗传资源库保存功能等。③复杂属性。森林生态系统中的各种现象和过程是由多种因素决定的，比如系统涨落能力、连续反应能力和等效代换可能性等。只有掌握了关于系统的结构和功能机制的大量信息，才有可能较准确地、有把握地预测和调控这些现象与过程。④关联属性。森林生态系统内部各因子间相互关联非常密切，其中任何一种组分的变化都会引起其他因子相应的变化。⑤时变属性。森林生态系统的组成、结构和功能会随着时间而不断变化。

作为一种森林生态系统，红树林生态系统还具有森林生态系统复杂性的一般特点：①开放性。森林生态系统是一个开放系统，其运行方向受外界系统的影响；人类社会的影响往往决定其生存和发展与否。②巨大性。包括大面积、大范围和多层次、多变量、多维结构等。③关联性。包括组分间通过物质和能量的关联以及信息传递的关联。



④风险性,或称脆弱性。森林生态系统的生物组分均具有一定的生态幅,环境的变化强度和变化的持续时间决定着森林生态系统的活性。由于环境中各种因子的变化存在着不确定性,因而导致森林生态系统风险性的存在。⑤模糊性。模糊性是指难以精确地定义事物的内涵与外延。由于我们对森林生态系统认识的局限性和环境因子的多变性以及社区林业的差异性,导致我们对森林生态系统的认识处于模糊状态,这种模糊状态也是对人类本身处理或经营森林生态系统造成失误但难于觉察的主要原因之一。⑥自组织复杂性。森林生态系统具有自组织特性,表现出有组织简单性和复杂网络关联性的结合。森林生态系统的大量问题可以用数理统计学方法,但有些问题需更复杂的研究方法才能加以理解。

充分认识森林生态系统的复杂性及其特点是开展科学营林和森林保护的工作基础,其科学管理要求我们对森林生态系统的认识、经营、管理必须从多因子、多变量、多途径、多时态、多侧面去综合判断和决策,从而进行多维的动态综合集成(王迪兴, 2001)。对森林生态系统的复杂性的全面认识和科学管理是构造其森林—经济—社会系统可持续发展的核心。

1.3 红树林作为湿地森林生态系统的复杂性

1.3.1 地理分布的热带性与景观的独特性

全世界现有红树林面积约1 700万 hm^2 ,可分为东方群系和西方群系,共有真红树 20 科 27 属 70 种。中国红树林属东方群系,共有真红树 12 科 16 属 27 种和 1 变种(林鹏, 2001),主要有红树群系(*Rhizophora* Formation),包括红树群丛(*Ass. R. apiculata*)和红海榄群丛(*Ass. R. stylosa*);木榄群系(*Bruguiera* Formation),包括木榄群丛(*Ass. B. gymnorrhiza*)和海莲群丛(*Ass. B. sexangula*);秋茄群系(*Kandelia* Formation),包括秋茄群丛(*Ass. K. candel*);桐花树群系(*Aegiceras* Formation),包括桐花树群丛(*Ass. A. corniculatum*);白骨壤群系(*Avicennia* Formation),包括白骨壤群丛(*Ass. Av. marina*);水椰群系(*Nypa* Formation),包括水椰群落(*Ass. N. fruticans*);海桑群系(*Sonneratia* Formation),包括海桑群丛(*Ass. S. caseolaris*)和人工无瓣海桑群丛(*Ass. S. apetala*);海漆群系(*Excoecaria* Formation),包括海漆群丛(*Ass. E. agallocha*)等。我国历史上曾有红树林面积 25 万 hm^2 ,目前减少到了约 2.46 万 hm^2 。根据国家林业局《林业发展“十一五”和中长期规划》,到 2015 年要实现保护和恢复红树林 9.06 万 hm^2 。

红树林是独特的湿地生态系统类型之一(刘玉红等, 1999; 林鹏和傅勤, 1995),主要分布于热带沿海僻静海湾、河口。红树林天然最南分布是澳大利亚白骨壤(*Av. marina* var. *australia*),分布至 $38^{\circ}45'S$ ($146^{\circ}42'E$)的澳大利亚维多利亚的 Corner Inlet(Teas, 1983),白骨壤在南美最南达巴西海岸 $29^{\circ}S$,在东非达 $33^{\circ}S$ (Heinrich Water, 1973);最北分布的树种为秋茄,受黑潮暖流影响,秋茄最北分布可自然分布至 $33^{\circ}N$ 的日本鹿儿岛,秋茄人工最北种植至 $35^{\circ}N$ 日本的静冈县;在中国最北分布的



红树林树种亦是秋茄,其天然分布最北至 $27^{\circ}20'N$ 的福建福鼎县,人工种植至 $28^{\circ}25'N$ 的浙江乐清县(林鹏,傅勤,1995)。温度(主要是低温)和潮带(主要是潮汐冲刷与浸渍时间)是其地理分布的两大限制因子,分布区年平均气温大于 $18.5^{\circ}C$,最低月平均气温 $8.4^{\circ}C$ 。

红树林在海岸潮间带形成独特的景观,其外貌特征有:①向海湿地生态系列:红树林生长的潮汐带为一平缓的坡度地形,植物的淹没深度存在差异,冲刷强度和盐度影响也存在一定差异,故有真红树和半红树之别,形成与海岸线几乎平行的带状分布、由半红树至真红树的向海生态系列;交错区内种群组成复杂。②群落空间结构的成层性:红树林常为单优种群落或多树种镶嵌组成的交错区植被,但也具有一定的层次性,卤蕨(*Acrostichum aureum*)为常见的林下伴生植物,层间植物常见有鱼藤(*Derris trifoliata*)等。③独特的呼吸根和支柱根形态:红树林林地由于缺氧和潮汐冲刷,其树种发育有各种形态的呼吸根和支柱根,如板根、指状根、膝状根、蛇状匍匐根等,这些根有着巨大的生物量组成,因此红树林林地被认为是世界上最难通过的林地,如通过美国佛罗里达州 Biscayne 海湾红树林的 100 m 冲刺世界纪录仍保持在 22 分 30 秒。

1.3.2 生理适应与生态过程的复杂性

红树林生理适应的复杂性主要体现在:①具有超强渗透吸水和吸气能力。其呼吸根在盐度 35 度的海水中潜在的渗透压高达 25 大气压,并从海水中吸收氧气(Heinrich, 1973)。②部分树种具有特化的泌盐组织。如白骨壤有盐腺,可分泌出含盐高达 4.1% 的溶液,24 h 每 10 cm^2 叶面积能渗出 $0.2 \sim 0.35\text{ mg}$ 的盐晶(Heinrich, 1973)。③树皮富含单宁。含量 $12\% \sim 28\%$,依树种不同而不同,起着协助渗透和防腐的作用。单宁释放至海水中可降低海水碱度。④胎生现象。多数红树植物的种子的胚轴在成熟果实脱落前发育,并在传播后迅速生根成苗(Teas, 1983; Hamilton et al., 1984; Hutchings et al., 1987)。⑤早熟丰实现象。部分红树植物 1~3 年生即进入开花结实期,而且丰实,提供大量的种子以加强对自然选择的适应能力。

红树林生态系统由于生长在沿海潮间带滩涂上,其物理化学和生物学特性变化幅度大,并且是在很小的当地尺度上产生这种大的变化(Clough, 1983; FAO, 1994; Sherman et al., 2000);其生态因子的组成和较大变化范围使其成为地球上所有自然生态系统中最复杂的生态系统之一;其生态过程是一个极其复杂的过程,它涉及并非一般陆地森林生态系统所表现的进展演替过程中环境的明显的中生化,而是其他的结局。一个明显的例子是红树林的长期发展导致林地土壤的强酸化,形成红树林区特有的酸性硫酸盐土(龚子同等,1994),因此红树林生态过程的复杂性还表现在其生态功能的复杂性上。因为潮汐带是海洋和大陆物质循环和能量流通的交汇带,潮汐的波动和水的化学性质是调控红树林生产力的两个主要因素,它们的性质和量的变化直接影响红树林:①氧气往根系输运;②土壤水分和土壤排去有毒还原产物 H_2S 的水分交换量;③土壤沉积和侵蚀过程;④水平面波动变化(植物受淹程度差异)和各种营养的综合可利用性;⑤底质含盐量和叶片排盐能力;⑥土壤中大量营养元素的水平,如底质高盐



浓度可削弱蒸腾速率,而高的营养水平也会提高生产速率;⑦地表径流量和由此造成的来自大陆的大量元素的可利用程度,这一点可以支配整个红树林沼泽的营养水平(达维斯,1989)。红树林的营养物质循环不仅发生在生物组分、大气组分和土壤组分之间,而且还发生在水体组分之间,因此红树林生态系统属于自然补助的太阳供能生态系统类型,其自然补能部分即来自潮汐水体(Odum & Heald, 1972, 1975; Odum, 1980; 林鹏, 1997)。曾经有人认为整个红树林凋落物是由潮流带出来支持海湾消费者的(Odum & Heald 1972, 1975; Lee, 1995)。通过量的平衡来实现的红树林模型中,认为太阳能和潮汐能输入等物理因子是驱动生态系统有机物产出功能的仅有的重要动力(Odum 1983; Twilley *et al.*, 1986)。近年来,对红树林生物作用的认识补充了上述观点的不足(Twilley *et al.*, 1998; Lee, 1999a, 1999b)。

因此,必须同时考虑物理的与生物的环境因子,从而了解红树林的形成与动态。Twilley (1995)引证了两个他认为取决于物理能量与生物过程共同作用下红树林的功能方面:凋落物动态和演替。他指出不断产生的证据表明,内部系统的生物过程如蟹的分解和干扰可能导致一个新的以前因为强调物理驱动作用而被忽视的红树林功能方面。Twilley 等(1997)通过报道蟹(*Ucides occidentalis*)在高能的泛热带红树林中的凋落物动态的生物过程的重要性,第一次很好地展示了这种新的功能。Robertson (1986)记录了一个混合红树(*Rhizophora*)林中蟹(*Sesarma* sp.)可移出大于28%的凋落物产量。Smith 等(1991)展示了利用操纵实验表明蟹的生物干扰极大地减少了红树林土壤氮和硫的含量水平,可能因此增加了生产力。Wolanski 等(1992)指出蟹洞同样对地表径流及其化学组成有重要的影响,否则红树林土壤沉积趋于板结。随着海岸潮流增幅与土壤孔隙水的交流会加快生物有毒物质的排出(Howes & Goehring, 1994)。大型生物的生产力会随着潮流幅度的增加而增加,这种关系已经作为“潮流辅助假说”提出来了(Odum, 1980, 1983; Lugo, 1988)。显然,这种在海岸湿地的潮流辅助是由像蟹类等大型动物对凋落物、沉积物的取食和打洞等生物干扰来调节,因为这些洞会极大地增加孔隙水流和沉积层的透气性。因此,在调节红树林生产力上除了物理因子外,蟹类等大型动物是重要的生物因子。总之,随着对生态因子动态化作用研究的深入,红树林的生态过程复杂性愈加显著地得到展示。

1.3.3 高效复杂的物流与能流特性

红树林生态系统的生态功能主要表现在它们具有较高的初级生产力水平,其有机物产出以两种形式存在,即活立木和凋落物。通过这两种形式,红树林生态系统突出了本身的“三高”特性,即高生产率、高归还率和高分解率(卢昌义等, 1988; 林鹏, 2001),其原因除生态环境因素外,与红树植物生长所表现出的具有较高的能量固定量和太阳能转化率的生态生理机制密切相关(表1-1)。

表 1-1 中国三个典型红树林群落的物流与能流特性

项 目	海南东寨港 海莲林	广西山口 红海榄林	福建九龙江 秋茄林
	(55 龄)	(70 龄)	(20 龄)
现存量/(t/hm ²)	420.3	291.6	162.7
生产率/[t/(hm ² ·a)]	29.49	15.37	23.46
归还率/[t/(hm ² ·a)]	12.55	6.31	9.21
半分解期/d	20~45	20~71	56~180
能量净固定量/[MJ/(hm ² ·a)]	56.037	27.302	44.306
能量归还量/[MJ/(hm ² ·a)]	27.359	16.227	16.552
太阳能转化率/%	3.01	—	2.01

资料来源：林鹏(1997, 2001)。

元素生物循环研究表明, 红树植物的各元素的生物循环存在差异。Albert 提出的公式为: 吸收 = 存留 + 归还。我国红树林三个红树植物群落的 K、Na、Ca、Mg 生物循环情况见表1-2, 我国三个红树植物群落 Zn、Cu 的生物循环情况见表1-3, 对 Fe 在红树林中的生物循环研究尚未见报道。与陆地森林相比, 红树林的灰分、N、P、S、Ca、Mg 含量普遍较高(侯学煜, 1982; 管东生等, 1998; 林益明等, 1997a, 1997b), 元素的生物循环具有周期短、速度快的特点(Lin, 1997, 1999; 林鹏, 2001)。

表 1-2 三个典型红树植物群落元素的生物循环 g/(m²·年)

元素	海南东寨港海莲林 ^①			广西山口红海榄林 ^②			福建九龙江秋茄林 ^③		
	吸收量	存留量	归还量	吸收量	存留量	归还量	吸收量	存留量	归还量
K	8.96	4.06	4.90	4.46	1.67	2.79	10.92	4.98	5.94
Na	20.44	10.46	9.98	26.60	9.50	17.10	35.35	19.33	16.02
Ca	38.20	13.13	25.07	17.46	10.83	6.63	17.49	7.16	10.33
Mg	10.04	20.00	8.04	4.81	1.39	3.42	8.93	4.89	4.04

资料来源: ① 林鹏, 林明祥(1990); 林鹏, 何书镇(1990)。② 林鹏, 尹毅等(1993); 林鹏(2001)。③ Lin & Chen(1986); 林鹏, 苏麟等(1987)。

红树林生态系统所处的环境动态多变, 存在缺乏氧气等环境压力, 能成为高生产力生态系统, 在于它能形成各种形态与生理的适应, 它与陆地生态系统的初级生产力比较亦不逊色, 一些红树林群落几乎为地球上具有最高生产力的植被生态系统(仅次于一些海草群落的生产力水平)。红树林生态系统的凋落物产量亦很高, 如海南东寨港 55 年生海莲林年凋落物达 12.55 t/hm², 大于我国西双版纳天然热带雨林的年凋落物产量(11.55 t/hm²); 澳大利亚红树群落 (*Ass. Rhizophora apiculata*) 的最高年凋落物为 28 t/hm²; 我国红树林年凋落物高达其当年生物量的 40%(林鹏, 1997)。中国近海最大持续捕鱼量为 500 万 t, 占世界海洋鱼类可捕量的 5%(国家计划委员会, 1999), 其



中大部分分布于华南红树林分布区的近海水域。由于水体生境的动态特征，凋落物能够直接向外海扩散，红树林生态系统形成了各类生态系统中最复杂的食物链网络关系，说明红树林的高凋落物产量为动物多样性的维持和近海渔业高生产力的可持续性提供了主要的物质和能量保障 (Odum, 1972, 1975; MacNae, 1974; Twilley *et al.*, 1997; Bennett *et al.*, 1993; Barreiro, 1999; Lin, 1987, 1999)。

表 1-3 三个红树植物群落元素的生物循环 mg/(m² · 年)

元素	广西山口红海榄林 ^①			深圳福田白骨壤林 ^②			福建九龙江秋茄林 ^③		
	吸收量	存留量	归还量	吸收量	存留量	归还量	吸收量	存留量	归还量
Zn	8.8	4.7	4.1	—	16.4	—	49.1	30.5	18.6
Cu	1.4	0.9	0.5	—	4.1	—	10.2	8.0	2.2

资料来源：① 郑文教，连玉武等(1996)。② 郑文教，林鹏(1996)。③ 郑文教，郑逢中等(1992)。