

国内外海岛生态修复研究综述及启示*

庄孔造, 余兴光, 朱 嘉

(国家海洋局第三海洋研究所 厦门 361005)

摘 要:近年来海岛生态问题日益引起有关部门的重视,但我国海岛生态修复的研究与国外相比还相对滞后。《中华人民共和国海岛保护法》的出台为海岛生态修复的研究提供了良好的机会。文章首先从生态修复的概念出发,对海岛生态修复的概念进行了阐释;其次,综述了国内外海岛生态修复的研究状况;最后,从国内外研究现状得到启示,对我国海岛生态修复提出了几点思考。

关 键 词:海岛;生态修复;生态保护;海岛保护法

海岛作为海洋的重要组成部分,在海洋生态系统中起着极其重要的作用;海岛蕴藏着丰富的自然资源,在海洋的可持续发展战略中也有着重要的地位。同时,与陆地相比,海岛环境独特、生态条件严酷、植被种类贫乏、优势种相对明显^[1]、生态环境脆弱,极易受到破坏,且破坏后很难恢复。近年来,随着海岛开发利用以及全球气候异常带来的自然灾害,加速了对海岛生态环境的破坏,一些海岛生态失衡严重^[2]。因此,对被破坏海岛进行生态修复,对于保护海岛、合理利用海岛,促进海岛可持续发展具有十分重要的意义。但由于海岛具有与陆地明显不同的资源环境特征与自然生态系统,对其进行生态修复比较困难。国内对海岛生态修复研究较少。随着《中华人民共和国海岛保护法》的颁布,国家愈加重视海岛的保护和生态修复,国家将安排海岛保护专项资金,用于海岛的保护、生态修复和科学研究活动^[3]。这为我国的海岛生态修复研究提供了一个良好的机遇。望本研究对后续的海岛生态修复研究能起到抛砖引玉的作用。

1 概念

国内外对于生态修复的定义不尽相同,周启星、魏树和等人认为生态修复是在生态学原理指导下,以生物修复为基础,结合各种物理

修复、化学修复以及工程技术措施,通过优化组合,使之达到最佳效果和最低耗费的一种综合的修复污染环境的方法^[4]。近年来有学者认为生态修复的概念应包括生态恢复、重建和改建,其内涵大体上可以理解为通过外界力量使受损(开挖、占压、污染、全球气候变化、自然灾害等)生态系统得到恢复、重建或改建(不一定完全与原来的相同)^[5]。

目前,还未有对海岛生态修复给出明确的定义。海岛生态修复可以理解为:根据一般的生态修复理论,结合海岛生态系统的特点,以生物修复为基础,结合各种物理修复、化学修复以及工程技术措施,通过优化组合,使海岛受损生态系统得到修复。本研究所指的海岛生态修复是一种广义的生态修复,即包括海岛生态的恢复、重建和改建等。

2 国内外海岛生态修复研究综述

海岛生态系统的研究最早可以追溯到1963年MacArthur和Wilson提出的“岛屿动物地理学平衡理论”^[6]以及1967年出版的《岛屿生物地理学理论》^[7],而海岛生态修复的研究在近年来才逐渐成为研究的热点。海岛生态修复一般包括海岛生态干扰分析、生态修复技术研究和生态修复管理研究等。

* 基金项目:国家海岛管理办公室资助项目——海岛生态修复试点及技术规程编制。

2.1 国外海岛生态修复研究综述

2.1.1 海岛生态干扰

在过去的 400~500 年的时间里,由于人为和自然因素的干扰,海岛生态系统物种灭绝现象严重。从 1600 年以来,已经消失的鸟类中有 93% 是来自海岛^[8];从 1500 年以来,记录消失的哺乳类动物中,81% (65 种) 曾经栖息于海岛^[9]。在许多海岛上,大约 70% 本地植物种处于濒危状况,有的甚至已经灭绝^[10]。造成上述物种濒危或灭绝的主要原因之一就是引进外来物种^[11]。

对于海岛干扰因素,Lugo 根据干扰对海岛能量流动的影响程度将海岛的干扰现场分为 5 类。第 1 类干扰是其能量被海岛利用前能改变海岛能量的性质及量;第 2 类是海岛自身的生物地球化学途径;第 3 类是能改变海岛生态系统的结构但不改变其基本能量特征;第 4 类是改变海岛与大气或海洋间的正常物质交换率;第 5 类是破坏消费者系统的事件^[12]。

2.1.2 以工程措施为主的修复

对于某些生态破坏较为严重的海岛,如海岸侵蚀,沙滩退化等,需要借助一定的工程措施对其进行生态修复。如,美国的 Hambleton 岛屿(位于美国东南部)由于长期的海岸侵蚀,而一分为二,成为 2 个岛屿,Garbisch 等人通过创造潮间带沼泽地将 2 个岛屿连成一片,并在沼泽地上栽种草本植物来稳定沼泽地,利用工程措施对海岛进行生态修复,并取得了良好的效果^[13]。

工程修复还包括岛陆护坡,海岛沙滩修复等。如 Pilkey O H, Clayton T D 总结了美国东海岸几个堰洲岛生态修复和养护工程的日期、数量、长度和经费等参数^[14],为后续的沙滩修复研究提供了一些基础数据。

2.1.3 基于生态系统的修复

海岛生态修复除用工程措施以外,国外学者就如何通过生态系统的种群、群落间相互关系调整,修复海岛生态系统进行了深入的研究。

如,Amsterdam 岛屿(位于南印度洋,法国)的野牛从 1871 年的 5 只,发展到 1998 年的 2 000 只左右,导致其他动植物受到很大的威

胁,为了保护和恢复海岛生态,人们用篱笆把该岛屿划分为两部分,将牛群从面积较大的部分移出,使得该部分的岛屿植被得到一定程度的修复^[15]。Raymond E. Rainbolt 和 Bruce E. Coblenz 研究塞舌尔 Aldabra Atoll 岛屿的野山羊控制项目,该项目分别于 1993 年 10 月至 1994 年 5 月和 1994 年 11 月至 1995 年 5 月进行。利用“山羊引诱技术”和传统捕杀技术猎杀了 832 只野山羊。对塞舌尔 Aldabra Atoll 岛屿的生态修复起到很大的作用^[16]。A. Saunders, D. A. Norton 研究了新西兰主岛上有害物种控制的生态修复项目,指出在新西兰南北两主岛进行的有害物种控制项目不管是从强度还是范围上都比以前有明显的加强和扩大,并且取得了一定的效果,初期的效果表明物种下降的趋势得到控制,生态过程逐渐恢复^[17]。Korapuki 岛(新西兰东北部的海岛)由于引入了兔子和老鼠,致使生态系统失衡。David R. Towns 通过生物地理学等方法,以邻近的比较原生态海岛作为基准参照,移除海岛上的兔子和老鼠,重新引进海岛的原有物种,对新西兰 Korapuki 岛屿的生态系统进行修复^[18]。兔子于 1874 年引进 Kerguelen 群岛,对海岛的植物群落造成了严重的影响,群落结构发生变化。Jean Louis Chapuisa, Yves Frenotb 和 Marc Lebouvierb 通过用氟鼠酮混入作物为诱饵毒杀兔子,研究实验前后的植被群落变化。结果表明,兔子移除后,植物物种多样性明显增加,原先的优势种数量明显下降^[19]。

以上几个海岛生态修复的案例存在的相似点:由于引入外来动物(如牛、羊、兔子等)到海岛中来,致使海岛的生态系统遭受破坏。采用的修复方法即利用诱杀、捕杀、隔离等方法去除或者减少外来物种,结果表明,生态修复效果明显,物种多样性有所增加。以下几个生态修复案例为通过栖息地保护、植被修复、物种保护等措施修复受损的生态系统。

David R. Towns 和 W. J. Ballantine 认为海岛生态修复不仅减少了对稀有物种的压力和威胁,而且增加了物种相互关系的机会,促进生态系统朝着良好的方向发展^[20]。并指出,通过保护生物物种及其栖息地,对于修复海岛生态

系统具有重要的意义。Whittaker R. J 等人于 1998 年出版了《海岛生物地理学》^[21], 通过一些实际案例对海岛生态、演化以及海岛生态保护与修复进行了一定的研究, 于 2006 年再版^[22]。此专著对于研究海岛生物地理学, 海岛生态修复具有非常好的参考价值和指导意义。Luis W. Riuera 和 T. Michell Aide 研究了波多黎各岛 (Puerto Rico) 喀斯特地区的森林的恢复状况^[23]。荷兰通过对 Cousin 岛屿进行生境修复, 在岛陆周边栽种富含一种昆虫 (鸣鸟是一种纯食虫类) 的树木来保护鸣鸟 (warbler), 提高鸣鸟的存活率、扩大鸣鸟的生境范围, 以使得鸣鸟更能应对环境变化^[24]。Bruce D. Clarkson 和 Joanna C. McQueen 介绍了新西兰北岛的 Hamilton 市生态修复状况, 该市本土物种所占的面积少于 20 hm², 在此区域内仅 1.6% 的本地植物。人们逐渐意识到生态修复和保护的重要性, 普遍赞同通过重建本地物种生态系统来更新城市生态面貌。政府通过重建各种各样的生态系统, 如溪谷地形的生态系统, 恢复海岛生态系统的多样性^[25]。Jose Ramon Arevaloa, Maria Dolores Perazaa, Carlos A lvareza 等人评估了 Canary 岛荒废防火道的月桂树林生态结构和物种组成的恢复情况。在防火道选取了 23 个样方与 6 个防火道附近的自然林样方做对照研究。分别以物种密度、丰度以及生物量等指标作为对照参数研究生态恢复状况^[26]。James P. Gibbs, Cruz Marquez 和 Eleanor J. Sterling 以加拉帕尔群岛中的 Espanola 岛屿为例, 研究了在海岛上重新引入本土濒危动物对于生态修复的作用。研究表明: Espanola 岛屿上的巨型海龟和仙人掌形成了相互促进的关系, 重新引入濒危海龟等海岛生态修复起到了很大的作用^[27]。

2.1.4 海岛生态修复的其他研究

国外于 20 世纪 80 年代就开始重视海岛生态修复的管理研究。如, 新西兰于 1989 年 11 月举行了新西兰海岛生态修复大会。Townns, D. R., Daugherty. C. H, Atkinson 于 1990 年编著了《新西兰岛屿生态修复论文集》, 主要包括 4 个部分: 资源与管理、问题与讨论、总结与建议 and 摘要与参会人员。Townns, D. R, Daugherty.

C. H, Atkinson 指出新西兰的边远海岛是保护物种的良好场所 (较少的人类活动以及物种引入现象), 因此对这些海岛的智能管理是保护自然, 修复生态系统的重要手段^[28]。新西兰环保署于 1999 年编写了《Mana 岛生态修复规划》, 包括植被修复规划、鸟类、爬行类和无脊椎动物保护、有害物种防治、防火和社会公众参与等内容, 较为系统地对 Mana 岛屿的生态修复进行规划^[29]。外来物种严重改变了 Macquarie 岛的生态状况。一般的生态修复目标为减少外来物种, 恢复本土种。By Geof Copson 和 Jennie Whinam 分析了 Macquarie 岛从 1974 年以来的综合生态管理项目, 并提出了未来工作的建议: 生态修复管理应是一个综合系统管理, 包括对兔子数量、植被改变以及海燕分布等的监测, 管理措施也应随着监测结果而有所调整^[30]。

国外有关学者还研究了海岛生态修复投资收益分析。如, 塞舌尔帮助“岛主”参与到海岛生态修复项目, 这将有助于保护海滨濒危的鸟类, 增加滨海其他生物多样性。Kerstin Henri, Grant R. Milne, Nirmal J. Shah 研究估算了 11 个海岛生态修复的经费。结果表明本地滨海林地和高原地区的生态修复经费最小, “岛主”应做好生态修复投资前的综合考虑^[31]。

另外, 国外对于某些海岛周边存在珊瑚礁、海草床等生态系统的修复也进行了一定的研究。如, Wallian F. Pretch 主编的《珊瑚礁生态修复手册》较为系统地介绍了珊瑚礁生态修复的技术、经费投入和政策保护等。对于海岛周边受破坏的珊瑚礁的修复具有一定的指导意义^[32]。M. M. van Katwijk, A. R. Bos V. N. de Jonge 综述了近年来海草床生态修复的概况, 提出了一些新的海草床生态修复导则, 并指出海草床的栖息地选择的重要性^[33]。

2.2 国内海岛生态修复研究综述

2.2.1 海岛生态干扰

影响海岛生态退化的干扰很多, 大致可分为毁林、引种不当和自然干扰 3 类^[34]。黄民生分析得出福建省海岛生态干扰包括风沙危害、台风灾害和环境污染等^[35]。冷悦山, 孙书贤, 王宗灵等对目前我国海岛生态环境存在的干扰

进行了分析,指出海岛生态脆弱性包括固有脆弱性和特殊脆弱性,并提出可行的海岛生态环境保护与恢复重建的对策,以实现资源环境与社会经济的可持续发展^[36]。

2.2.2 海岛生态修复技术研究

与国外的海岛生态修复研究相比,我国的研究起步比较晚。目前研究较多的为海岛植被修复和海岸、沙滩修复等,对基于生态系统的修复研究还较少。

任海、李萍等人指出海岛恢复的限制性因子是缺乏淡水和土壤、生物资源缺乏、严重的风害或暴雨。不同大小的海岛和海岛不同部分的恢复策略不同。海岛恢复的长期利益包括重建海岛的生物群落,再现海岛生态系统的营养循环,恢复海岛的进化过程。海岛恢复的过程比较复杂,最关键的是要选择好适生的关键种^[34]。刘强,毕华等借助恢复生态学的原理和方法,对海南岛东海岸钛锆砂矿开采区生态退化的机理和生态恢复的措施进行了分析和探讨。探讨了生态退化的人为因素和自然因素,生态恢复的改土和引种木麻黄技术,以及在木麻黄林中混交植入青梅,引导人工林植被向当地天然林植被演化的可能途径^[37]。任海、李萍等人编制了《海岛与海岸带生态系统恢复与生态系统管理》,探讨了海岛和海岸带生态系统的恢复与管理问题^[38]。李洪远、鞠美庭编写的《生态恢复的原理与实践》分析了海岛珊瑚礁、红树林和沙滩等生态系统退化的原因以及修复的基本方法等^[39]。

以上为海岛生态修复技术较为综合的研究,以下则侧重于海岛的植被修复研究。

彭少麟、陆宏芳、梁冠峰回顾了 19 世纪以来澳门凼仔岛和路环岛 2 个离岛的植物恢复进程,先锋和重造林群落的组成、结构,水系建设和生物多样性保育工作,评价了该重造林生态系统的直接和间接生态经济价值。结果表明,澳门离岛植被恢复与重建的生态系统在提高立地质量、空气质量的同时,每年可创造生态经济效益 21 929.03 万澳元。其中直接经济效益 13 737.72 万澳元,间接效益 8 191.31 万澳元^[40]。林鹏、张宜辉、杨志伟在红树林引种及栽培技术研究工作以及厦门东西海域红树林宜

林地现状调查的基础上,总结出一套红树林宜林地选择标准,提出厦门红树林造林主要影响因素。并论述厦门海岸红树林的环境保护与生态恢复存在的问题及解决办法^[41]。李树华在介绍生态恢复的生态学原则、对策目标、途径、构成要素、方法与步骤的基础上,以日本兵库县淡路岛“故乡之森”的营造为例,具体说明了利用绿化技术进行生态与景观恢复的原理与手法^[42]。李萍、黄忠良在南澳岛建立次生草坡对照及草坡种植试验样地,观测群落植物多样性、土壤肥力及生物量变化,以探讨海岛退化草坡的植被恢复过程^[43]。廖连招对厦门市无居民海岛猴屿进行生态退化主要原因诊断和生态修复制约因子评估方面的研究,从生物技术和工程技术结合上,提出工程护岸护坡、客土改良、乔—灌—草合理配置及种植品种选择、生态修复管理等海岛生态保育和生态重建措施^[44]。廖连招、黄明群等人分析了厦门市无居民海岛植被生态现状与存在的问题,阐述了海岛生态功能定位,提出 3 种海岛生态保护方案,其中包括对破坏较严重的水岛进行生态修复的方案,拟定了海岛生态保护措施及植被绿化规划,并得到当地人民政府采纳^[45]。

2.2.3 海岛生态修复的其他研究

海岛生态修复的研究也逐步引起了有关部门的重视。如,厦门从 2005 年首先开始对西海域的部分无居民海岛进行了生态修复设计,其中在猴屿实施了生态修复措施,并取得了明显效果^[46]。2007 年底,福建省分批开展了无居民海岛生态修复工程,对受损的红树林、珊瑚礁、海草床等生态系统,采取移植、种植和改善水文环境条件等措施,恢复物种分布的生态环境空间和生态系统功能;对被破坏并具有重要生态功能的沙滩、泥滩、礁石滩等实施清理整治;在海岛周围适宜海域投放人工鱼礁及开展贝类、藻类等渔业资源的人工放流增殖^[47]。

余兴光、郑森林、卢昌义以厦门岛海湾生态服务功能逆向演变的历史过程为例,对该区域生态系统服务功能退化主要影响因素进行了分析。结果表明,不适当的围堤填海,过度的海洋资源开发,污染防治工程措施滞后于快速发展的区域开发,是造成海湾生态服务功能下

降的重要原因。通过受损生态系统在长期的生态恢复过程中所付出的代价, 证明海岛生态系统资源的经济价值, 进一步认识到人与环境协调发展的重要性^[48]。

另外, 我国有关学者对海岛水土保持修复也有所研究, 如王利贤、刘宝义、柳庆斌等(2001)对山东长岛县的水土保持修复进行了研究, 长岛县水土流失特殊, 危害严重, 生存环境极为恶劣。经过 50 年坚持不懈的综合治理和规模开发, 全县森林覆盖率由 1949 年的 0.5% 提高到 53%, 水土流失治理程度达到 94%, 地表径流拦蓄率 80% 以上, 人为水土流失得到了遏制^[49]。

3 对比与启示

与国外的海岛生态修复研究相比, 我国海岛生态修复的研究还处于起步和探索阶段, 海岛生态修复基本停留在植被复绿和景观建设阶段, 尚未把海洋生态学和景观生态学有机结合起来, 而且海岛生态修复的成功案例也不多。而国外已经形成了较为成熟的理念及相关示范。如新西兰在海岛生态修复方面的研究较为深入。但随着《中华人民共和国海岛保护法》的颁布以及海岛可持续发展的思想观念逐渐深入人心, 我国海岛生态修复的研究会越来越深入。从国外的生态修复研究和管理中, 我们也能得到一些借鉴和启示。

3.1 加强海岛生态系统理论研究, 为海岛生态修复提供理论基础

从生态系统的种群、群落间的关系研究海岛生态系统, 以此为基础, 对海岛生态进行修复。

3.2 查清我国海岛生态现状, 分析现存问题

查清我国海岛的生态现状, 包括调查主要外来物种, 建立外来物种名录等; 并分析海岛存在主要生态问题, 为以后的海岛生态修复提供基础数据。

3.3 设立海岛生态修复典型示范, 并推广成功经验

由于我国海岛南北差异较大, 建议各个海区选取典型海岛进行生态修复, 并推广到生态

环境相似的海岛生态修复实践中。

3.4 切实加强海岛生态修复的技术标准研究

生态修复技术在不同领域、不同地区都有较大差异, 生态修复技术标准既要考虑差异性也要考虑统一性。对海岛生态修复提出一般性的技术方法和要求, 并对海岛典型生态系统的修复进行研究, 如海岛红树林、珊瑚礁和海草床等典型生态系统。

3.5 在重视具体生态修复技术开发的过程的同时, 还应重视生态修复的管理工作, 探讨合理的管理机制, 实现良性循环

根据国家海岛保护和管理工作的需要, 国家海洋局已于 2008 年 8 月成立了海岛管理办公室(简称海岛办)^[50]。2009 年 12 月 26 日第十一届全国人民代表大会常务委员会第十二次会议通过的《中华人民共和国海岛保护法》第二十一条指出: “国家安排海岛保护专项资金, 用于海岛的保护、生态修复和科学研究活动”^[3]。各地方政府和海洋行政主管部门应以此为契机, 建立一套海岛生态修复与保护的管理机制, 加强海岛生态保护与生态修复。

3.6 建立多渠道的海岛生态修复投资体系

要探索建立海岛生态修复建设的多元化投融资机制, 充分发挥市场机制作用, 吸引社会资金的投入。应综合运用经济、行政和法律手段, 研究制定有利于海岛生态修复建设的投融资、税收等优惠政策, 拓宽融资渠道, 吸引各类社会资金参与海岛生态修复建设。

3.7 加强海岛生态修复的宣传工作, 积极吸收志愿者进入海岛生态修复实践中

充分利用广播、电视、网络等各种媒体, 宣传海岛基本情况和海岛生态修复的重要作用和意义, 提高公众海岛保护意识, 为海岛生态修复工作的实施创造一个良好的社会环境。建立健全公众参与制度, 积极吸收志愿者进入海岛生态修复实践中。

海岛生态是海岛可持续发展的基础和保障, 而海岛的生态修复与可持续发展密切相关, 可持续发展是生态修复的目标, 现阶段我国的海岛生态修复以可持续发展的观点, 依据《中华

人民共和国海岛保护法》《中华人民共和国海洋环境保护法》等法律法规,进行理论与实践的研究,最终真正达到海岛地区可持续发展。

参考文献

- [1] 穆治霖. 从海岛生态系统和自然资源的特殊性谈海岛立法的必要性[J]. 海洋开发与管理, 2007, 24(2): 44—46.
- [2] 杨文鹤. 中国海岛[M]. 北京: 海洋出版社, 2000.
- [3] 中华人民共和国海岛保护法发布[EB/OL]. [2009-12-26]. http://www.gov.cn/jrzq/2009-12/26/content_1497461.htm
- [4] 周启星, 魏树和, 张倩茹, 等. 生态修复[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2006.
- [5] 王治国. 关于生态修复若干概念与问题的讨论[J]. 中国水土保持, 2003(10): 20—21.
- [6] MACARTHUR R H, WILSON E O. An equilibrium theory of insular zoogeography [J]. Evolution, 1963(17): 373—387.
- [7] MACARTHUR R H, WILSON E O. The theory of island biogeography [M]. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1967.
- [8] KING W B. Island birds: will the future repeat the past? [R]. Norwich, United Kingdom: International Council for Bird Preservation Technical Bulletin 3, 1985: 3—15.
- [9] CEBALLOS G, BROWN J H. Global patterns of mammalian diversity, endemism, and endangerment. [J]. Conservation Biology, 1995(9): 559—568.
- [10] DAVIS SD, DROOP SJM, GREGERSON P, et al. Plants in danger: what do we know? [Z]. Switzerland: International Union for the Conservation of Nature, Gland, 1986: 461.
- [11] DIAMOND J. Overview of recent extinctions. In: Western Dand Pearl MC (eds) Conservation for the Twenty-First Century. [M] New York: Oxford University Press, 1989.
- [12] LUGO A E. Ecological aspects of catastrophes in Caribbean islands [J]. Acta Cientifica, 1988(2): 24—31.
- [13] GARBISCH E W. Hambleton Island restoration: Environmental Concern's first wetland creation project [J]. Ecological Engineering, 2005(24): 289—307.
- [14] PILKEY O H, CLAYTON T D. Summary of beach replenishment experience on US east coast barrier island [J]. Journal of Coastal Research, 1989, 5(1): 147—159.
- [15] MICOL T, JOUVENTIN P. Restoration of amster-dam island, south indian ocean, following control of feral cattle[J]. Biological Conservation, 1995(73): 199—206.
- [16] RAINBOLT R E, COBLENTZ B E. Restoration of insular ecosystems: control of feral goats on Aldabra Atoll, Republic of Seychelles[J]. Biological Invasions, 1999(1): 363—375.
- [17] SAUNDERS A, NORTON D A. Ecological restoration at mainland islands in new zealand[J]. Biological Conservation, 2001(99): 109—119.
- [18] TOWNS D R. Korapuki Island as a case study for restoration of insular ecosystems in New Zealand [J]. Journal of Biogeography, 2002(29): 593—607.
- [19] CHAPUISA J L, FRENOTB Y, LEBOUVIERB M. Recovery of native plant communities after eradication of rabbits from the subantarctic Kerguelen Islands and influence of climate change[J]. Biological Conservation, 2004(117): 167—179.
- [20] TOWNS D R, BALLANTINE W J. Conservation and restoration of New Zealand Island ecosystems [J]. Trends in Ecology & Evolution, 1993, 8(12): 452—457.
- [21] WHITTAKER R J. Island biogeography: ecology, evolution, and conservation[M]. Oxford: Oxford University Press, 1998.
- [22] WHITTAKER R J. Island biogeography: ecology, evolution, and conservation (second edition) [M]. Oxford: Oxford University Press, 2006.
- [23] RIUERA L W, AIDE T M. Forest recovery in the Karst region of Puerto Rico[J]. Forest Ecology and Pnanagement, 1998(108): 63—75.
- [24] KOMDEUR J, PELS M D. Rescue of the Seychelles warbler on Cousin Island, Seychelles: The role of habitat restoration[J]. Biological Conservation, 2005(124): 15—26.
- [25] CLARKSON B D, MCQUEEN J C. Ecological Restoration in Hamilton City, North Island, New Zealand [C]. 16th Int'l Conference, Society for Ecological Restoration, Victoria, Canada, 2004.
- [26] AREVALOA J R, PERAZAA M D, IVAREZA C

- A. Laurel forest recovery during 20 years in an abandoned firebreak in Tenerife, Canary Islands [J]. *Acta Oecologica*, 2008(33): 1—9.
- [27] GIBBS J P, MARQUEZ C, STERLING E J. The role of endangered species reintroduction in ecosystem restoration[J]. *Restoration Ecology*, 2008, 16 (1): 88—93.
- [28] TOWNS D R, DAUGHERTY C H, ATKINSON I A E. Ecological restoration of New Zealand Islands [C]. Wellington: Conservation Sciences Publication No. 2 Department of Conservation, 1990.
- [29] Man Island Ecological Restoration PLAN[R]. Department of Conservation. Wellington, New Zealand; 1999.
- [30] COPSON G, WHINAM J. Review of ecological restoration programme on subantarctic Macquarie Island: Pest management progress and future directions[J]. *Ecological Management & Restoration*, 2001, 2(2): 129—138.
- [31] HENRI K, MILNE G R, SHAH N J. Costs of ecosystem restoration on islands in Seychelles [J]. *Ocean & Coastal Management*, 2004(47): 409—428.
- [32] PRETCH W F. Coral Reef Restoration Handbook [M]. Florida: CCR Press, 2006.
- [33] M. M. van Katwijk, A. R. Bos V. N., de Jonge, et al. Guidelines for seagrass restoration: Importance of habitat selection and donor population, spreading of risks, and ecosystem engineering effects[J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2009 (58): 179—188.
- [34] 任海, 李萍, 周厚诚, 等. 海岛退化生态系统的恢复[J]. *生态科学*, 2001, 20(1, 2): 60—61.
- [35] 黄民生. 福建海岛脆弱环境特征与可持续发展对策[J]. *海南师范学院学报: 自然科学版*, 2002, 15 (3, 4): 9—11.
- [36] 冷悦山, 孙书贤, 王宗灵, 等. 海岛生态环境的脆弱性分析与调控对策[J]. *海岸工程*, 2008, 27(2): 58—64.
- [37] 刘强, 毕华, 黄澜. 海南岛海岸砂矿开采区的生态退化及恢复[J]. *水土保持学报*, 2001, 15(5): 79—81.
- [38] 任海, 李萍, 彭少麟. 海岛与海岸带生态系统恢复与生态系统管理[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [39] 李洪远, 鞠美庭. 生态恢复的原理与实践[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [40] 彭少麟, 陆宏芳, 梁冠峰. 澳门离岛植被生态恢复与重建及其效益生态环境[J]. *生态环境*, 2004, 13 (3): 301—305.
- [41] 林鹏, 张宜辉, 杨志伟. 厦门海岸红树林的保护与生态恢复[J]. *厦门大学学报: 自然科学版*, 2005, 44(增刊): 1—6.
- [42] 李树华. 利用绿化技术进行生态与景观恢复的原理与手法[J]. *园林工程*, 2005(11): 59—65.
- [43] 李萍, 黄忠良. 南澳岛退化草坡的植被恢复研究[J]. *热带地理*, 2007, 27(1): 21—25.
- [44] 廖连招. 厦门无居民海岛猴屿生态修复研究与实践[J]. *亚热带资源与环境学报*, 2007, 2(2): 57—61.
- [45] 廖连招, 黄明群, 刘正华. 厦门市无居民海岛植被生态保护方案与规划[J]. *台湾海峡*, 2007, 26(3): 430—434.
- [46] 国家海洋局第三海洋研究所. 厦门西海域无居民海岛重点岛屿景观建设方案与生态修复初步设计[R]. 2005.
- [47] 涂洪长. 福建启动 10 个无居民海岛生态修复工程 [EB/OL]. (2008—02—22)[2010—10—05] http://www.ce.cn/xwzx/gnsz/gdxw/200802/22/t20080222_14604057.shtml.
- [48] 余兴光, 郑森林, 卢昌义. 厦门海湾生态系统退化的影响因素及生态修复意义[J]. *生态学杂*, 2006, 25 (8): 974—977.
- [49] 王利贤, 刘宝义, 柳庆斌, 等. 海岛水土保持生态建设及其效益[J]. *中国水土保持*, 2002(2): 34—35.
- [50] 国家海洋局成立海岛管理办公室. 加强对海岛管理 [EB/OL]. (2007—08—28)[2010—10—05]. <http://news.163.com/07/0828/14/3N05LBIQ000120GU.html>.