

DOI: 10.5846/stxb202101290313

李京梅, 刘娟. 海洋生态修复: 概念、类型与实施路径选择. 生态学报, 2022, 42(4): 1241-1251.

Li J M, Liu J. Marine ecological rehabilitation: concept, type and implementation path selection. Acta Ecologica Sinica, 2022, 42(4): 1241-1251.

海洋生态修复: 概念、类型与实施路径选择

李京梅^{1,2,*}, 刘娟¹

1 中国海洋大学经济学院, 青岛 266100

2 中国海洋大学海洋发展研究院, 青岛 266100

摘要:生态修复是我国生态文明建设的重要内容。在对生态修复相关概念梳理的基础上,从公共物品治理视角对海洋生态修复主体、修复标准、修复路径及修复措施保障等关键环节进行论述,研究表明:污染和破坏者作为赔偿型海洋生态修复的主体,可通过自行修复和委托修复等方式,将受损海洋生态修复到破坏前的基线水平;国家作为补偿型海洋生态修复的主体,依据边际成本收益分析法确定最优修复规模,通过政府市场采购和创建市场等经济激励型路径实施生态修复以增加公众福利。未来我国海洋生态修复应重点关注修复的资金保障、监督制度以及生态修复的技术研发和修复完成后的成本收益评估等。

关键词:海洋生态修复;赔偿型修复;补偿型修复;修复制度保障

Marine ecological rehabilitation: concept, type and implementation path selection

LI Jingmei^{1,2,*}, LIU Juan¹

1 School of Economics, Ocean University of China, Qingdao 266100, China

2 Institute of Marine Development, Ocean University of China, Qingdao 266100, China

Abstract: Ecological rehabilitation plays an important role in ecological civilization construction of China. On the basis of related concepts of ecological rehabilitation, the public goods attributes owned by ocean and the externalities in the utilization of marine resources, the paper divides marine ecological rehabilitation into indemnificatory marine ecological rehabilitation and compensatory marine ecological rehabilitation from the perspective of the internalization of the externalities of public goods governance. Then, the study explores four main aspects according to the above classification of marine ecological rehabilitation: the subject of marine ecological rehabilitation, rehabilitation standards, rehabilitation approaches, and rehabilitation measures. According to our analysis, four main findings are listed as follows. In terms of the subject, there is a specific subject with mandatory and clearly defined responsibility in indemnificatory ecological rehabilitation, which makes it easy to trace the responsible subject in case of some issues occurring. By contrast, it is hardly possible to identify the clear responsibility subject for rehabilitation in compensatory ecological rehabilitation. Under this circumstance, the government should undertake the ecological rehabilitation project aiming to compensate for the public interests and increase social welfare. In aspects of rehabilitation standards, as the subject of indemnificatory marine ecological rehabilitation, marine resources users, who pollute and destroy marine environment, should calculate the rehabilitation scale and rehabilitation costs based on the Habit Equivalency Analysis or the Resources Equivalency Analysis. Compared with the above, the government, as the subject of compensation-based marine ecological rehabilitation, could incorporate ecological rehabilitation into the marginal analysis framework of traditional economics and determine the optimal rehabilitation scale in accordance with marginal cost-benefit analysis. As far as rehabilitation approaches, following the

基金项目: 国家社会科学基金重大项目(16ZDA049)

收稿日期: 2021-01-29; 网络出版日期: 2021-11-04

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jingmeili66@163.com

principle of “who damages, who rehabilitates”, marine resources users shall adopt the command-controlled rehabilitation method or appoint a third party to repair the damaged marine ecosystem (economic incentive repair mode), so as to restore the damaged marine ecology to the baseline level before the destruction. The government should adopt economic incentives such as government procurement and creating market potential for marine ecosystem restoration in order to increase social welfare. In the last part of the study, due to the fact that marine ecological rehabilitation in China is a relatively new field for environmental protection, there are still some urgent problems to be solved and improved in the construction of the marine ecological rehabilitation system. Great importance should be attached to the financial guarantee and supervision systems of ecological rehabilitation, R&D of ecological rehabilitation, and cost-benefit evaluation after ecological rehabilitation.

Key Words: marine ecological rehabilitation; indemnificatory rehabilitation; compensatory rehabilitation; rehabilitation system

当前,我国海洋生态环境整体形势严峻,受全球气候变化、自然资源过度开发等影响,部分近岸海域生态功能受损、生物多样性降低,典型海洋生态系统显著退化,红树林面积减少、珊瑚礁覆盖率下降、海草床盖度降低和自然岸线缩减等问题突出^[1]。而生态修复作为扭转生物多样性丧失和生态服务退化的手段在我国生态文明建设中具有关键作用。党的十八大以来,我国政府高度重视生态修复。十八大报告中提出要“加大自然生态系统和环境保护力度”“实施重大生态修复工程”,十八届三中全会正式提出“完善环境治理和生态修复制度”,“建立陆海统筹的生态系统保护修复和污染防治区域联动机制”,为生态修复提供制度保障。十九大报告再次明确“实施重要生态系统保护和修复重大工程”的战略方针。中央有关文件中反复提及“生态修复”凸显了我国对生态修复的迫切需求,加强生态保护和修复对于推进生态文明建设、保障国家生态安全具有重要意义。

近年来,如何开展海洋生态修复,是国内外学者研究的热点问题。国外学者就海洋修复的目标导向^[2]、治理技术^[3]及监测评估^[4]等问题的研究讨论推进了海洋生态修复科学的迅速发展。国内学者则围绕生态修复的基本内涵和演进阶段^[5-6],特定区域的海洋生态问题及修复策略^[7-8],红树林、珊瑚礁、海草床等典型海洋生态系统修复进展^[9]等问题开展研究,对于科学指导地方生态修复业务开展、促进海洋生态文明建设发挥了重要作用。但是,通过梳理相关文献研究,发现学术界对于海洋生态修复的几个关键环节包括修复类型、修复主体、修复标准以及修复路径等鲜有系统研究。

本研究在厘清生态修复概念基础上,依据海洋的公共产品属性及海洋资源开发利用中的外部性特征,从公共物品治理的外部性内部化视角出发,将海洋生态修复分为赔偿型生态修复和补偿型生态修复,分别从修复主体、修复标准、修复路径和保障体系层面阐述海洋生态修复的关键因素,以期为推进我国海洋生态修复工作或修复制度建设的科学性、规范性和可操作性提供借鉴和参考。

1 生态修复概念

生态系统是由有机体与其共存的环境构成的系统整体,有不同表现形式,例如海洋生态系统、森林生态系统等。正常生态系统始终处于动态变化的平衡之中,当受到较大程度干扰以致其结构和功能发生位移时,就会打破其平衡状态,称之为生态系统受损或退化^[10]。退化生态系统可通过自然恢复增强服务和功能,但将恢复留给自然过程的问题是需要时间,通常为数十年甚至几个世纪,期间会造成巨大的福利损失^[11]。因此,在生态系统受损后可以通过人工干预或修复活动来克服。有关生态修复的研究可追溯至 20 世纪初欧美等国对山地、森林等自然资源的保护性管理^[12]。20 世纪 50—60 年代,在全球资源过度开发带来严重生态危机的背景下,欧洲和北美开展了针对矿山、水体等方面的生态修复工程,积累了丰富的实践经验^[13]。1985 年, Aber 和 Jordan 两位英国学者首次提出生态修复术语“Restoration Ecology”^[14],此后,生态修复作为一门新兴学科迅

速发展,各国都相继开展了生态修复研究和实践^[15]。20世纪90年代以来,可持续发展思想引入海洋生态环境领域,海洋生态修复成为新的关注热点^[16]。

明晰生态修复概念是有效推进生态修复的前提,但当前我国生态修复的概念及内涵尚未统一,且由于学者们对修复对象、目标、手段等方面的认识存在歧义,导致生态修复常常与生态恢复、生态重建等概念无法区分而被混用^[17]。

表1 “修复”相关概念分类

Table 1 Classification of concepts related to 'Restoration'

术语 Term	内涵 Connotation	目标状态 Target state	干预程度 Intervention procedure
生态恢复 Restoration	使退化生态系统回到原始位置或状态的行为,按字面解释需要在该精确位置上绝对复制	恢复原状,即回到原始未受损状态	有限
生态修复 Rehabilitation	部分替代生态系统中已减少或丧失的结构或功能特征的行为,以使本地生态系统“启动并再次成为可行的系统”	改善退化生态系统状态,但并不期望达到原始状态	积极
生态重建 Reconstruction	在损害非常严重的地方,消除或者扭转所有退化因素,纠正所有生物和非生物损害,同时需要重新引入所有或大部分理想的生物区系	与当地原有生态系统相匹配	完全
生态重置 Replacement	用其他地方的生态服务代替那些已经被破坏的服务	建立具有不同于原始或退化的用途或特征的新区域	完全

本表据 Bromley D W^[18], Bradshaw A D^[19], Simenstad C^[20], Elliott M^[21], Gann G D^[22] 等学者观点综合整理而成

表1列举了国外常用的与生态修复相关的表述,显而易见这些术语之间存在冲突或重叠。本文借鉴 Daniel Bromley^[18]和 Ounanian^[23]等学者观点,通过使用人类干预程度、修复目标和修复轨迹等关键点,厘清生态修复及相关概念的区别,并用图1表示。原始自然生态系统状况由靶心表示(A点),人为损害和自然变化减少了生态系统范围和生物多样性,其功能和对于干扰的响应能力也相应降低,生态系统退化到B点,以空心圆表示。其中,生态系统退化过程和生态恢复过程用黑实线表示,生态修复、重建与重置过程用虚线条表示。为确保生态系统服务和产品的可持续性,可通过不同形式的人为干预加速其恢复。“Restoration”可界定为“生态恢复”,即帮助退化生态系统恢复到扰动前的结构和功能状态,对应于图1中的A点,该术语强调生态系统的自组织和自我恢复能力,要求人类干预度有限,目标是

受损系统恢复到未被损害前的完整状态,具有生态系统完整和健康的含义。“Reconstruction”指“生态重建”,是在人类活动退化之后,重新建立原有自然状态下的生态系统,在重建中强调原有系统结构与种类的重新建造,对应于图1中的C'点。“Replacement”是“生态重置”,其建立新的生态系统的目的是符合人类需求,使新建生态环境还原或者优于原有生态环境,而并非追求过去原始自然状态下的生态系统,对应于图1中的A'点。“Rehabilitation”可理解为“生态修复”,其对应于图1中的C点,指借助人力使受损对象回到较好状态的行为或过程,不包括受损对象依靠自身力量恢复到较好状态的情形^[24],修复的目标也只是部分返回到生态系统受干扰前的结构与功能,更强调人类对受损生态系统的改进,但不一定是初始的原有状态。在我国,随着生态文明建设的发展,生态修复内涵逐步丰富完善,在国家 and 地方政府管理、企业生态修复业务开展层面,

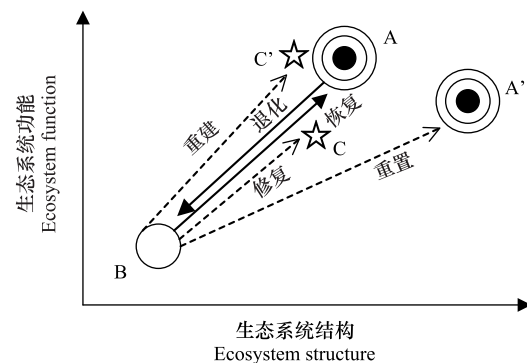


图1 生态修复及相关概念模型

Fig.1 Ecological rehabilitation and related conceptual models

A: 生态恢复 Ecological Restoration; A': 生态重置 Ecological Replacement; B: 生态退化 Ecological Degradation; C: 生态修复 Ecological Rehabilitation; C': 生态重建 Ecological Reconstruction

更倾向于广义上的生态修复,即在生态系统退化之后,采取必要的各项措施,在促进生态恢复的基础上,进一步改善生态环境以使其达到可持续利用状态的有益活动的总称,包括了表 1 中“生态恢复”、“生态修复”、“生态重建”与“生态重置”。它不仅通过生态系统自我恢复力量,还依靠外界力量使受损生态系统得以重建和重置^[25],不仅在原地恢复,也包括在异地重建;其修复对象针对结构不良、功能受损的生态系统^[26];修复手段包括污染物去除的化学修复,生境结构调整的物理修复,生物种群种植的生物修复以及工程技术措施等的优化组合^[27]。

综上,本文对海洋生态修复的概念界定为广义层面,即在海洋生态系统遭到退化、损害和破坏后,积极采取干预措施在促进生态系统自我恢复基础上,将生态系统的结构和功能修复到健康、稳定和可持续利用状态的有益活动的总称。

2 海洋生态修复主体和分类

海洋生态修复是一项需要巨额投入、持续推进的复杂系统工程,需明确修复主体并使其承担修复责任,以解决“谁来修复”的问题。目前,我国现行法律规范缺乏对生态修复责任主体的明确规定,鉴于海洋的公共产品属性以及海洋资源开发利用过程中产生的外部性问题,本文以公共产品治理的“外部性内部化”思路来明晰海洋生态修复主体,建构有益于生态环境与社会可持续发展的生态修复主体明晰、责任和义务准确的分类框架。

外部性理论揭示了市场经济活动中公共产品资源配置低效率的根源,同时为解决资源环境问题提供了思路与框架^[28]。由于海洋的公共产品属性导致其缺乏竞争性和排他性,在生产和消费过程中易产生负外部性,即个体开发海洋资源的同时破坏生态环境并对他人造成损害时,市场无法将这种成本考虑在内。如果受损生态系统是由某经济主体自身行为的负外部性所导致,可通过生态修复实现负外部性内部化,即将经济主体行为的外部影响转变为内部影响。这种修复类型属于赔偿型生态修复,即生态环境破坏者有明确责任人(肇事者),其修复责任具有强制性,且责任大小可明确划定,容易追责。目前,一些国家的法律明确规定资源的使用者应作为生态修复主体承担修复受损生态责任。例如,美国在《1990 年油污法》中规定,海洋石油开发造成的溢油事故中,事故设施所在区域的承包经营人或许可证持有人需修复被油污破坏的自然资源。欧盟于 2004 年通过的《预防和补救环境损害的环境责任指令》中提出“污染者付费”原则,规定由造成生态环境损害的经营者实施生态损害的预防和修复^[29]。我国《环境保护法》提出并强调了生态环境损害中“谁污染,谁治理;谁破坏,谁修复”的基本原则,自然资源部在对围填海进行监管中也依据负外部性内部化规定了修复主体,要求由省级自然资源主管部门监督指导海域使用权人开展围填海工程整治和修复受损生境^[30]。

与此同时,某些退化的海洋生态系统是历史长期积累的结果,其是由自然力或者多种用海方式叠加所造成,例如自然岸线的消失、湿地退化等,很难找到明确的责任主体来承担后果,责任大小难以明确划定,难以追责,面对此类生态破坏问题,可通过正外部性内部化角度明晰修复主体。

正外部性可视为现实未实现的一种收益,通过采取某种可行方案以实现潜在收益增加,即正外部性指存在希克斯改进的实现机会^[31]。退化海洋生态系统的结构和功能远低于初始自然状态,实施生态修复会使其功能改善从而带来收益增加,海洋生态修复的受益者应提供相应成本以实现正外部性内部化。海洋作为公共物品,受益群体广泛,难以识别具体受益者,而在我国,国家作为自然资源的所有权人,土地、河流和海洋等自然资源全部归国家所有,因此可由政府作为群体利益代表对生态修复的成本进行支付。该类型修复可视为在生态修复责任主体无法明确识别情况下、由政府主导开展的旨在补偿公众利益福祉、增加社会福利的赔偿型生态修复。美国《超级基金法》以及欧盟《环境责任指令》也明确规定,在生态破坏责任主体不确定的情况下可由政府承担生态修复义务。我国在《湿地保护修复制度方案》中规定,对因历史原因或公共利益造成生态破坏的、因重大自然灾害受损的湿地,经科学论证确需恢复的,可由地方各级人民政府承担修复责任,所需资金列入财政预算。我国政府近年来带头实施的“蓝色海湾”“南红北柳”“生态岛礁”等修复工程都属于补偿

型生态修复。

综上,基于“外部性内部化”原理,本文将海洋生态修复分为赔偿型修复和补偿型修复两大类。其中,赔偿型修复是负外部性内部化的体现,指海洋开发和利用者在使用海洋资源的过程中造成海洋生态损害,作为责任方有义务修复受损海洋生态系统,以体现“谁破坏,谁修复”原则。补偿型修复属于正外部性内部化,在生态修复责任主体不明或灭失的情况下,由政府作为修复海洋生态系统的受益人或海洋资源的所有者,主导开展受损生态环境的修复工程,承担修复义务,体现“谁受益,谁修复”原则。

3 海洋生态修复标准

海洋生态修复是解决我国海洋生态退化的重要途径,为确保制定的修复方案能够达到结构健康和功能完整状态,必须明确修复标准,即回答要“修复多少”的问题。修复标准作为开展生态修复工作的依据,关系到修复效果和可行性,同时修复标准的测算量化也是建立生态修复制度的关键和难点。

3.1 赔偿型生态修复标准

赔偿型生态修复依据负外部性内部化原理,需将退化海洋生态系统修复到破坏前的基线水平作为理想目标,为达到该目标所需的修复规模即为其修复标准。为更好理解赔偿型修复标准的确定依据,以石油泄露湿地功能受损为例进行说明。如图 2 所示,横轴代表时间,纵轴代表生态系统服务水平。石油泄露前湿地的资源服务处于 S_0 水平,代表功能齐全的湿地服务量,泄露发生在 T_0 时间,导致湿地植被死亡,使鸟类、鱼和其他动物受到石油污染,湿地提供的间接生态服务、人类直接利用的和非使用服务受到影响,导致服务减少为 S_1 。随时间推移,资源自然恢复,并在 T_n 时恢复到石油泄露前的水平。该图表明资源修复行动在时间 T_1 进行,因此资源恢复沿着路径加速发生,并且完全恢复发生在时间 T_r 。即使这一行动恢复了生态系统最初的良好生态状态,仍然存在生态系统服务的暂时损失(对应于图 2 中的 B 面),需采取补偿行动以“没有生态系统服务的净损失”。区域 B 代表在恢复期间与资源减少相关的价值损失,区域 A 代表在自然恢复下会发生的公共价值的额外损失。

因此,确定修复工程的规模时不仅要受损海洋生态的功能与服务修复到基线水平,还需补偿修复期间的暂时性损失。确定修复规模常用的方法有生境等价分析法(HEA)和资源等价分析法(REA),其是国外用来评估自然资源损害结果并制定修复实施方案的一种常用方法^[32]。美国国家海洋与大气管理局 1995 年在《自然资源损害评估指导文件》中表明,如果受损资源的市场价值难以估算,且该资源具有间接使用价值,可使用“补偿-修复”方法进行评估^[33]。

其中,生境等价分析法的基本假设是受损生态系统的功能和服务等同于修复工程所提供的生态功能和服务,通过估算修复工程规模以补偿恢复期间受损生态系统的服务损失。HEA 常用于评估海草床、红树林、珊瑚礁等的修复量,例如石油泄漏湿地服务受损,通过种植海草床进行生物修复,将海草床提供的服务与石油泄漏损失服务对比计算出修复面积^[34]。而资源等价分析法则是一种资源到资源的方法,通过估算受损的资源服务数量,基于修复工程提供的资源服务数量等同于受损资源服务数量的假设估算修复工程规模。这两种方法在代数上相同,但 REA 使用资源指标而非生境面积计算资源服务的损失和收益,其常用于评估溢油事故、船舶搁浅等造成的自然资源损失^[35],将事故造成的资源损失与建立海洋保护区等修复项目获得的收益进行比较以确定修复工程规模^[36]。通过等价分析法评估生态修复标准的步骤可分为几步:一是选取度量自然资

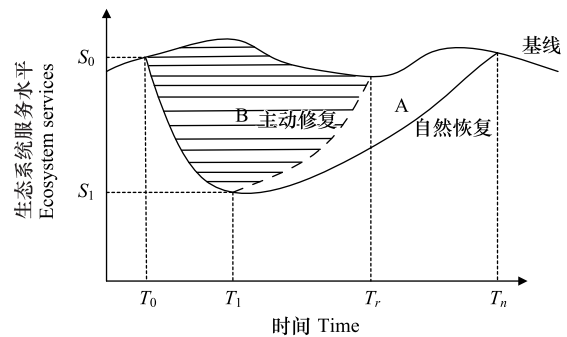


图 2 受损生态系统的自然恢复与修复

Fig.2 Natural restoration and rehabilitation of damaged ecosystems

图中 A 表示空白区域,即自然恢复下公共价值的额外损失;B 表示由横线填充的区域,即生态修复期间资源的价值损失

源提供的关键服务指标;二是评估受损生态系统服务的损失现值;三是确定补偿修复工程提供的自然资源服务收益现值;四是依据服务收益等同于服务损失量,确定修复工程规模。

3.2 补偿型生态修复标准

补偿型生态修复指政府作为公众利益代表在生态修复责任主体不明或灭失情况下主导开展的修复工程,目标是增强受损海洋生态系统的功能和服务以增加公众福利。与赔偿型修复不同的是,补偿型修复使用社会公共投资,因此有必要开展成本收益分析以了解修复成本能否产生同等或更大的环境效益^[37]。

成本收益分析作为一种政策评估工具,以货币单位为基础对投入与产出进行评估。海洋生态修复的成本不仅包括工程修复前的规划设计、工程费、修复后的维护和监测等直接成本,还包括由拟修复工程间接导致的成本,即该修复项目对其它部门或其它项目产生的影响^[38]。而海洋生态修复收益主要是生态系统提供产品和服务的增加,既包括市场化产品和服务,如原料生产、交通运输、海上发电等,还包括非市场化产品和服务,如生物多样性、动植物栖息地、气候调节和人们仅知道沙滩或珊瑚礁的存在就能从中获得的满足感等。市场化产品和服务可通过市场价值法评估收益,而非市场化产品和服务收益可采用显示偏好法和陈述偏好法等方法评估。例如,Wilson 使用旅行费用法量化了改善湖泊和河流水质的价值^[39],意愿调查法被用于评估保护肯塔基州当地湿地的收益^[40]和修复法国诺曼底地区的灌木树篱和湿地的收益^[41]。目前已有研究中大多基于海洋生态系统的供给、支持、调节和文化服务,分别使用不同价值评估方法估计海洋生态修复的收益^[42]。评估出修复项目的成本和收益后需对其现值进行比较以得出该项目是否可行的结论,常用的指标是经济净现值

(ENPV),即用贴现率将项目计算期内各年的净效益折算到修复起点的现值之和,计算公式为: $ENPV = \sum_{i=0}^n \frac{TB_i - TC_i}{(1+r)^i}$, 式中, TB_i 和 TC_i 是发生在第 i 年的总效益和总成本, n 为计算期, r 为贴现率,只有 ENPV 大于 0 时,该修复才是可行的。

关于补偿型修复规模,可借助经济学传统的边际分析框架来确定,根据最优解在边际值相等处可推出修复的最优规模也应是修复带来的边际收益与修复所需边际成本的交点。如图 3 所示,依据现有资源条件和技术水平,边际成本随着修复规模的扩大而增加,而边际收益则会越来越低,最终在边际成本与边际收益曲线的交点 Q^* 处达到最优修复规模。此时已达到帕累托最优状态,即在既定的个人偏好、生产技术和要素投入量下,资源重新配置已无法做到在让任何一方处境改善的同时,而不使他人处境变差^[43]。在最优修复规模的左侧,每增加一单位修复面积带来的收益高于其修复成本,说明生态修复的规模不够,增加修复规模会带来帕累托改进。而在最优修复规模右侧,每增加一单位修复面积所需的成本高于其修复收益,说明修复规模过度,此时减少修复规模会带来帕累托改进,只有在边际成本与边际收益的交点处才能达到最有效率的修复规模。

4 海洋生态修复路径

修复路径是回答“如何修复”的问题,修复路径选择直接关系到生态修复长效机制的建立,是修复得以实施的具体表现形式。选择修复路径时首先要考虑其是否符合责任主体属性以及修复对象属性,其次还要考虑

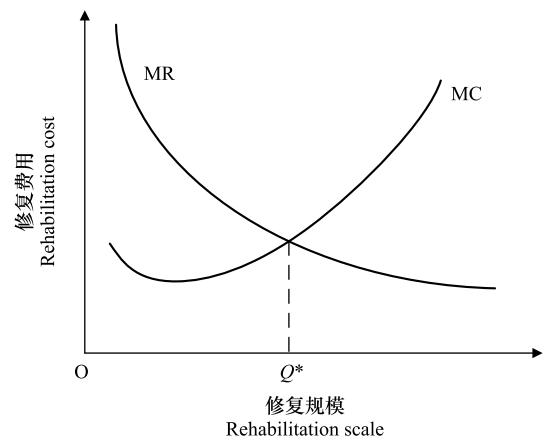


图 3 补偿型最优修复规模测算

Fig.3 Calculation of compensation optimal rehabilitation scale

MR: 边际收益 Marginal Return; MC: 边际成本 Marginal Cost; Q^* : 最优修复规模 Optimal rehabilitation scale

修复的生态系统类型、修复的实际可行性以及可持续性等。依据赔偿型修复和补偿型修复分类标准对海洋生态修复路径进行阐述分析。

4.1 赔偿型生态修复路径——命令控制为主,经济激励为辅

环境污染和生态破坏是一种典型的负外部性,即经济主体在追求利润的过程中将污染和破坏成本转嫁给他人或社会承担,这种成本通常不在市场考虑范围之内,因此,市场价格无法反映社会生产和消费的真实成本从而导致资源的无效分配。而内部化是解决外部性问题的关键举措,选择以何种路径实现内部化是研究的重要内容。其中,污染者付费原则(PPP)提供了一个当代社会环境政策和法律制度创设的法理基础和实践准则^[44],意味着生态修复成本应包含在生产 and 消费相关商品和服务成本中,从而实现环境成本的内部化。

赔偿型修复是针对有明确责任主体的受损海洋生态修复,其奉行的“谁破坏,谁修复”本质上遵循污染者付费原则,即 PPP 原则。而 PPP 的实施路径有两种:行政法规和市场化工具^[45]。我国最新颁布的《中华人民共和国民法典》规定,违反国家规定造成生态环境损害,生态环境能够修复的,国家规定的机关或者法律规定的组织有权请求侵权人在合理期限内承担修复责任,这种以“命令-控制”为特征的法律强制是实现赔偿型生态修复目标的基本手段。对污染企业而言,在有能力直接承担修复行为的前提下可选择自行修复,这种修复方式按照修复内容分类属于实物修复,即由责任方直接修复受损生境、新建生境、强化现有生境的某些功能或特别保存现有生境^[46]。但是部分企业由于技术、资源等原因无法保证修复项目的实施效果,可适当引入市场化工具,将修复义务剥离出来,交由专业第三方,即经济激励型修复。比如,国务院 2016 年印发的《湿地保护修复制度方案》中明确提出对于责任主体明确的湿地修复,既可以自行开展,也可以委托具备修复能力的第三方机构进行修复。2017 年印发的《生态环境损害赔偿制度改革方案》中规定,当发生生态环境损害后,首先由责任人组织开展对受损生态环境的修复工作,进行自行修复,责任方无能力开展修复时,可委托具备修复能力的社会第三方机构进行修复,修复所需资金由责任方向社会第三方机构支付。这种修复方式属于经济修复,责任方因其损害行为向第三方机构交付修复费用,由他们替代责任方承担实施生态修复的具体任务,这种修复模式也使生态修复从“谁破坏、谁修复”转变为“谁破坏、谁付费、第三方修复”的新模式^[47]。

4.2 补偿型生态修复路径——经济激励型

补偿型生态修复是政府基于国家环境保护义务在修复责任主体不明情况下主导开展的受损生态系统修复工程,包括政府主导实施的“蓝色海湾”“南红北柳”“生态岛礁”等自然生态修复工程,以及对自然岸线消失、湿地退化等历史长期积累的生态问题的修复。然而,由于修复海洋生态系统的复杂性和专业性,政府作为管理型部门,很难直接执行生态修复目标。因此,可通过政府市场采购以及创建市场等经济激励型方式实施生态修复。

政府市场采购是指政府通过招投标等形式将修复项目委托给专业的修复企业,由于海洋生态修复项目地域性较强,可由各地级市政府主导进行招投标以压缩修复成本。中央或地方政府提出海洋生态修复的需求和标准,修复企业进行投标,然后授权给最具成本收益的企业开展修复工作,这种修复路径适用于沙滩、海湾和湿地修复等较大型海洋生态修复工程^[48]。创建市场则是指将生态要素人为设计为市场交易对象,通过市场机制识别生态服务的供给者与需求者,进而实现生态正外部性的内部化^[49]。我国市场化的修复方式仍处于初级阶段,而国外发达国家的市场修复机制已相对成熟,美国湿地补偿银行是发达国家创建市场机制对湿地进行补偿的有效措施,其要求政府在市场机制中起主导作用,并积极引入第三方机构具体开展修复工作以确保专业性和客观性。政府市场采购和创建市场的修复方式都属于第三方参与的市场化修复路径,这种修复路径具有显著优势,一方面,从生态角度来看,其能够提供更好的保护成果,因为市场化机制下第三方企业可以预先规划补偿,有效解决时滞问题和修复结果不确定性问题^[50],且监管部门的提前检查和批准有效提高了修复的成功率^[51],利于实现良好的生态修复效果;另一方面,从经济和组织角度来看,市场化机制有利于充分利用市场力量和社会资源进行生态修复,其主要优势在于中介,即第三方企业,由于存在规模经济,第三方修复机构能够节约一般企业生态修复的成本,具有专业性、经济性、可持续性。

综上,本文从理论层面回答了海洋生态修复制度建设中的几个关键问题:“修复是什么”“谁来修复”“修复多少”以及“如何修复”,关键点总结如表 2 所示;污染和破坏生态环境行为人,即海洋资源的使用者作为赔偿型生态修复主体,应依据生境和资源等价分析法计算修复规模和修复费用,以将受损海洋生态系统修复到未被损害前的基线状态,其在遵循责任方自行承担修复受损海洋生态系统,即命令控制型修复路径为主的前提下,可适当采取经济激励型修复方式,即委托第三方代为修复;而政府部门作为补偿型生态修复主体,可将生态修复纳入传统经济学的边际分析框架中,依据成本收益分析法得出最优修复规模以实现经济效率最大化,考虑到修复可行性及修复效果,其主要采取第三方的市场化修复,即经济激励型修复路径。

表 2 海洋生态修复关键点

Table 2 Key points of marine ecological rehabilitation

关键点 Key point	赔偿型修复 Indemnificatory rehabilitation	补偿型修复 Compensation rehabilitation
修复主体 Rehabilitation subject	污染和破坏行为人	政府
修复标准 Rehabilitation standard	生境/资源等价分析法	成本收益分析法
修复路径 Rehabilitation method	命令控制为主,经济激励为辅	经济激励型

5 海洋生态修复制度保障

当前,我国生态文明建设受到前所未有的重视,生态修复作为生态文明建设的重要基础工作具有重要意义,但海洋生态修复属于一个较新的环境保护领域,海洋生态修复制度建设方面仍存在亟待解决和完善之处。

(1) 生态修复资金保障制度

海洋生态系统的修复比其他类型生态系统修复费用更高,其成本是陆地修复最高成本的 10—400 倍^[52]。理想情况下修复的资金应来源于生态破坏者,但由于现实中面临的生态修复责任主体不清以及责任方无力承担修复费用等问题,目前我国受损生态环境的修复工作仍以政府开展为主,生态修复所需资金主要来源于财政拨款。但政府财力投入有限,单纯依靠财政拨款很难保证对受损生态系统的长期修复,而西方发达国家的生态修复工程能持续十几年甚至数十年的关键在于具备完善的生态修复资金保障制度^[53]。

为解决我国生态修复面临的资金困境,可借鉴国外相关经验,比如美国在《超级基金法》中建立的生态环境修复基金制度,其通过实行一款专项用于生态修复的信托基金,可为受损区域预先垫付资金以先行修复,避免因责任主体不清而导致受损生态系统无法正常修复。澳大利亚政府也出台了专项环境修复资金补助机制,即对无力承担修复费用的责任方进行补助,并通过行政合同以及市场进入机制将部分修复责任社会化。我国可借鉴其修复经验,通过设立生态环境修复基金,采取多种渠道筹措资金专项用于生态修复,完善生态修复资金保障制度。其中,生态修复的资金可来源于以下途径:1) 责任方缴纳的行政罚款和生态修复补偿金,以及对潜在责任方追回的费用;2) 政府用于生态修复的财政拨款,近年来我国开展的山水林田湖草修复工程、蓝色海湾建设等生态保护修复工程的资金主要来源于中央财政拨款;3) 特定税收,在某些情况下,可通过对特定原材料和制成品征税以反映其整体环境成本^[54],例如,根据美国的国家海岸湿地保护赠款方案,出售捕鱼设备、摩托艇和小型发动机燃料产生的消费税正被用于修复海岸湿地,这种方法有助于将环境外部性内部化,并为某一特定产品提供更准确的反映其真实环境成本的价格;4) 社会资本投入,自然资源部鼓励和引导社会资本进入生态修复领域,通过各种渠道、利用各种形式,加大生态保护修复的资金投入力度,切实提升生态系统质量。通过扩展生态修复资金来源渠道,规范资金用途以完善生态修复资金保障制度,为生态修复工作的顺利实施提供有力经济支撑。

(2) 生态修复监督制度

生态修复工作的长期性要求有完备的监督管理机制对修复全过程实施有效监督,我国近年来的生态保护监管工作不断加强,已取得显著成效,但生态保护监管全过程的链条有待完善,与生态修复相关的监督政策标

准规范尚未建立健全。

在生态修复监督制度的构建中,应确定各主体所采取的具体监督模式和监管手段。例如,美国于 2012 年通过的《墨西哥湾恢复法》建立了墨西哥湾区域生态系统恢复委员会,其成员由联邦机构、总统行政办公室以及来自墨西哥海湾沿岸州的高级官员组成,并赋予委员会较强的监督权^[55]。而我国受制于环境管理体制“分散+统一”模式,容易导致修复过程中的行政监管混乱。因此,完善生态修复监督制度首先需要强化政府部门的行政监管,明确政府作为主要监督者的责任义务,强化自然生态保护领域监管和执法,厘清各行政部门应履行的环境保护职能。此外,《墨西哥湾恢复法》还明确了公众参与制度,规定委员会必须遵循“公众透明度”原则,重大生态恢复活动和决议以及其制定的《综合计划》在最终决定前都必须通过电子平台告知公众。我国的《环境保护法》作为基本法规定了公众参与原则,但并未明确公众参与范围,《海洋环境保护法》更没有做出相应规定。为保障公众的知情权与参与权,需加强信息强制性披露等制度,公开修复全过程以便于公众对生态修复的过程和效果进行监督。同时,可通过构建第三方监督制度实现对生态修复的有效监督,以更好发挥其作为一种新型多元化环境治理手段在我国生态修复监督中的作用。

(3) 生态修复绩效评价制度

对完成后的生态修复工程及时进行效果评估对于提高修复项目成功率、避免伪修复和形式主义修复问题具有重要意义。2020 年财政部印发的《海洋生态保护修复资金管理办法》中提出对海洋生态保护修复项目开展绩效评价,国务院湿地保护管理相关部门也要求组织开展湿地修复工程的绩效评价。但是目前我国对已实施海洋修复工程的成效评估以定性描述为主,如“海洋生态环境明显改善,生物可见密度、多样性明显提升”等,缺乏具体量化指标,而限制生态修复开展绩效评价的原因包括评价指标体系以及评价标准的不健全、关键性数据缺乏以及评估方法的不统一等。

为有效开展生态修复绩效评估,即修复完成后的监测评价机制,首先需要落实生态修复各方主体责任,由政府环保部门委托专业的中介机构开展修复工程竣工评估和后评估,从而确保生态环境修复质量和评估科学性;二是尽快建立科学全面的修复评价指标体系,依法及时公开相关数据并加强有关修复成效评估方法的研究,以便比较和分析不同类型、不同规模的海洋生态修复工程的生态绩效,促进海洋修复工程的考核和验收管理;三是进行动态监测评估,由于海洋生态修复的复杂性和特殊性,通常情况下,海洋生态修复工程无法短时间内取得效果,在评估生态修复效益时需要从整体出发,定期开展阶段性监测评估。

最后,政府应加大生态修复技术的研发与创新投入。生态修复是一项系统性工程,需要专业技术和手段才能用以促进生态系统的再次平衡,但是,我国目前的生态修复技术较为粗放,技术支撑相对薄弱,关键技术和措施的系统性和长效性不足。各地生态修复技术大多分散在相关部门或机构,且存在技术标准不协调、不衔接甚至相互矛盾的现象。为达到高效、低能耗的修复目标要求,不仅需要借鉴发达国家的成熟修复技术,更需要加强技术的研发与创新工作。

我国在全面加强生态保护的基础上,不断加大生态修复力度,持续推进海洋生态修复等重点工程,陆续开展了沿海防护林、滨海湿地修复、红树林保护、岸线整治修复、海岛保护、海湾综合整治等工作,海洋生态保护和修复取得积极成效。但我国在生态方面历史欠账和现实矛盾多,生态保护压力依然较大,生态保护和修复系统性不足,且生态修复技术总体上不成熟、成本高、效果维持期短、技术不成套。面对生态修复的整体性、系统性、复杂性、长期性工作,必须明确生态修复的内在要求及主体、标准、路径等关键问题,继续发展体制机制以保障修复项目的实施效果,同时把生态修复技术研发也作为未来的发展重点,为基本实现社会主义现代化和美丽中国目标奠定坚实的生态基础。

参考文献 (References):

- [1] 国家发展和改革委员会, 自然资源部. 国家发展改革委、自然资源部关于印发《全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划(2021—2035 年)》的通知. (2020-06-03) [2020-12-02]. https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/202006/t20200611_1231112.html.
- [2] Coleman M A, Wood G, Filbee-Dexter K, Minne A J P, Goold H D, Vergés A, Marzinelli E M, Steinberg P D, Wernberg T. Restore or redefine:

- future trajectories for restoration. *Frontiers in Marine Science*, 2020, 7: 237.
- [3] Lester S E, Dubel A K, Hernán G, McHenry J, Rassweiler A. Spatial planning principles for marine ecosystem restoration. *Frontiers in Marine Science*, 2020, 7: 328.
- [4] Kim J H, Kim H J, Yoo S H. A cost-benefit analysis of restoring the ecological integrity of Jeonju stream, Korea. *Water and Environment Journal*, 2018, 32(3): 476-480.
- [5] 吴鹏. 论生态修复的基本内涵及其制度完善. *东北大学学报: 社会科学版*, 2016, 18(6): 628-632.
- [6] 傅伯杰. 国土空间生态修复亟待把握的几个要点. *中国科学院院刊*, 2021, 36(1): 64-69.
- [7] 路文海, 曾容, 陶以军, 刘书明. 渤海生态修复进展及国际典型内海修复经验借鉴. *中国人口·资源与环境*, 2015, 25(S11): 316-319.
- [8] 王金华, 黄华梅, 贾后磊, 郑淑娴, 赵明利, 陈绵润, 张晓浩, 庄铎. 粤港澳大湾区海岸带生态系统保护和修复策略. *生态学报*, 2020, 40(23): 8430-8439.
- [9] 潘金华, 江鑫, 赛珊, 周文江, 吴家奇, 李晓捷, 杨官品. 海草场生态系统及其修复研究进展. *生态学报*, 2012, 32(19): 6223-6232.
- [10] 康乐. 生态系统的恢复与重建. 北京: 科学出版社, 1990: 300-307.
- [11] Dobson A P, Bradshaw A D, Baker A J M. Hopes for the future: restoration ecology and conservation biology. *Science*, 1997, 277(5325): 515-522.
- [12] 曹宇, 王嘉怡, 李国焜. 国土空间生态修复: 概念思辨与理论认知. *中国土地科学*, 2019, 33(7): 1-10.
- [13] 任海, 彭少麟, 陆宏芳. 退化生态系统恢复与恢复生态学. *生态学报*, 2004, 24(8): 1759-1768.
- [14] Jin J S, Wang R S, Li F, Huang J L, Zhou C B, Zhang H T, Yang W R. Conjugate ecological restoration approach with a case study in Mentougou district, Beijing. *Ecological Complexity*, 2011, 8(2): 161-170.
- [15] 赵晓英, 孙成权. 恢复生态学及其发展. *地球科学进展*, 1998, 13(5): 61-67.
- [16] 李永祺, 唐学玺. 海洋恢复生态学. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2016: 60-62.
- [17] 陈红梅. 生态修复的法律界定及目标. *暨南学报: 哲学社会科学版*, 2019, 41(8): 55-65.
- [18] Bromley D W. Property rights and natural resource damage assessments. *Ecological Economics*, 1995, 14(2): 129-135.
- [19] Bradshaw A D. Introduction and philosophy//Perrow M R, Davy A J, eds. *Handbook of Ecological Restoration*. Cambridge: Cambridge University Press, 2002: 3-9.
- [20] Simenstad C, Reed D, Ford M. When is restoration not?: Incorporating landscape-scale processes to restore self-sustaining ecosystems in coastal wetland restoration. *Ecological Engineering*, 2006, 26(1): 27-39.
- [21] Elliott M, Burdon D, Hemingway K L, Apitz S E. Estuarine, coastal and marine ecosystem restoration: confusing management and science-A revision of concepts. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2007, 74(3): 349-366.
- [22] Gann G D, McDonald T, Walder B, Aronson J, Nelson C R, Jonson J, Hallett J G, Eisenberg C, Guariguata M R, Liu J, Hua F, Echeverría C, Gonzales E, Shaw N, Declerck K, Dixon K W. International principles and standards for the practice of ecological restoration. *Restoration Ecology*, 2019, 27(S1): S1-S46.
- [23] Ounanian K, Carballo-Cárdenas E, Van Tatenhove J P M, Delaney A, Papadopoulou K N, Smith C J. Governing marine ecosystem restoration: the role of discourses and uncertainties. *Marine Policy*, 2018, 96: 136-144.
- [24] 宁清同. 生态修复责任之内涵探究. *学术界*, 2018(12): 123-135.
- [25] 许闯胜, 刘伟, 宋伟, 李寒. 差异化开展国土空间生态修复的思考. *自然资源学报*, 2021, 36(2): 384-394.
- [26] 王军, 应凌霄, 钟莉娜. 新时代国土整治与生态修复转型思考. *自然资源学报*, 2020, 35(1): 26-36.
- [27] 张建军, 郭义强, 饶永恒, 王弈博, 王柯. 论国土空间生态修复的哲学思想. *中国土地科学*, 2020, 34(5): 27-32.
- [28] 沈满洪. 资源与环境经济学. 北京: 中国环境科学出版社, 2007: 39-41.
- [29] 康京涛. 欧盟生态损害救济: 理路、实效、困境及启示——以欧盟《环境责任指令》为中心. *宁夏社会科学*, 2020, 39(1): 63-71.
- [30] 自然资源部关于进一步明确围填海历史遗留问题处理有关要求的通知. (2018-12-27) [2020-10-15]. http://www.gov.cn/xinwen/2019-01/08/content_5355787.htm.
- [31] 宋国君. 环境政策分析. 北京: 化学工业出版社, 2008: 12-13.
- [32] 陶燕格, 宋乃平, 王磊, 刘艳华. 生态等值分析法在草地资源损坏评估中的应用. *资源科学*, 2008, 30(1): 114-118.
- [33] Zafonte M, Hampton S. Exploring welfare implications of resource equivalency analysis in natural resource damage assessments. *Ecological Economics*, 2007, 61(1): 134-145.
- [34] 张继伟, 袁征, 王金坑. 基于生境等价分析法的溢油生态损害评估. *中国人口·资源与环境*, 2015, 25(S5): 162-166.
- [35] Dunford R W, Ginn T C, Desvousges W H. The use of habitat equivalency analysis in natural resource damage assessments. *Ecological Economics*, 2004, 48(1): 49-70.
- [36] 李京梅, 侯怀洲, 姚海燕, 王晓玲. 基于资源等价分析法的海洋溢油生物资源损害评估. *生态学报*, 2014, 34(13): 3762-3770.

- [37] Logar I, Brouwer R, Paillex A. Do the societal benefits of river restoration outweigh their costs? A cost-benefit analysis. *Journal of Environmental Management*, 2019, 232: 1075-1085.
- [38] 李传奇, 王薇. 河流生态修复成本效益分析研究. *人民长江*, 2008, 39(5): 55-57.
- [39] Wilson M A, Carpenter S R. Economic valuation of freshwater ecosystem services in the United States; 1971-1997. *Ecological Applications*, 1999, 9(3): 772-783.
- [40] Whitehead J C. Measuring willingness-to-pay for wetlands preservation with the contingent valuation method. *Wetlands*, 1990, 10(2): 187-201.
- [41] Bonnieux F, Le Goff P. Valuing the benefits of landscape restoration; a case study of the Cotentin in lower-Normandy, France. *Journal of Environmental Management*, 1997, 50(3): 321-333.
- [42] 熊鹰, 王克林, 蓝万炼, 齐恒. 洞庭湖区湿地恢复的生态补偿效应评估. *地理学报*, 2004, 59(5): 772-780.
- [43] 赵建国, 吕丹. 公共经济学. 北京: 清华大学出版社, 2014: 21-22.
- [44] 柯坚. 论污染者负担原则的嬗变. *法学评论*, 2010, 28(6): 82-89.
- [45] Cooke B, Corbo-Perkins G. Co-opting and resisting market based instruments for private land conservation. *Land Use Policy*, 2018, 70: 172-181.
- [46] Wilkinson J. In-lieu fee mitigation: coming into compliance with the new Compensatory Mitigation Rule. *Wetlands Ecology and Management*, 2009, 17(1): 53-70.
- [47] 康京涛. 生态修复市场化的法理解构与困境突围. *中南大学学报: 社会科学版*, 2018, 24(4): 61-69.
- [48] 江洪友, 张秋丰, 朱祖浩. 对海洋生态修复产业化的思考. *海洋开发与管理*, 2020, 37(10): 52-55.
- [49] 王奇, 姜明栋, 黄雨萌. 生态正外部性内部化的实现途径与机制创新. *中国环境管理*, 2020, 12(6): 21-28.
- [50] Quétier F, Lavorel S. Assessing ecological equivalence in biodiversity offset schemes; Key issues and solutions. *Biological Conservation*, 2011, 144(12): 2991-2999.
- [51] Fox J, Nino-Murcia A. Status of species conservation banking in the United States. *Conservation Biology*, 2005, 19(4): 996-1007.
- [52] De Groot R S, Blignaut J, Van Der Ploeg S, Aronson J, Elmqvist T, Farley J. Benefits of investing in ecosystem restoration. *Conservation Biology*, 2013, 27(6): 1286-1293.
- [53] 何嘉男. 关于完善我国生态修复资金保障制度的思考//第六届重金属污染防治及风险评价研讨会暨重金属污染防治专业委员会 2016 年学术年会论文集. 厦门: 中国环境科学学会, 2016: 1-4.
- [54] Holl K D, Howarth R B. Paying for restoration. *Restoration Ecology*, 2000, 8(3): 260-267.
- [55] 马英杰, 于晓华. 美国《墨西哥湾恢复法》特点及其对我国海洋生态修复的启示. *中国海洋大学学报: 社会科学版*, 2016, 29(2): 59-64.