中国化的基于自然解决方案(NbS)背景下海草床生态修复建议

徐淑升,董迪,黄华梅

(自然资源部南海发展研究院 广州 510300)

摘要:基于自然的解决方案(NbS)是世界自然联盟(IUCN)推崇的理念。基于中国特有的生态保护修复传统、自然地理空间格局、自然资源禀赋,制定中国化的NbS方案,有助于NbS理念在中国落地。我国有植树造林、保护草原的传统,总结出的宜林则林、宜草则草经验是NbS的体现,开展相关的"林""草"生态修复亮点研究,对起步较晚的海草床生态修复有重要启发和借鉴意义。通过国内外研究成果、案例资料等进行对比,绘制对策建议逻辑关系图,提高各条建议的关联性和合理性。文章总结了红树林和草原生态修复亮点,指出了国内海草床生态修复在政策、公众参与、资金投入和技术手段存在劣势,在生长速度快、不改变滩涂性质条件下利用潮下带空间资源、碳汇增汇方面存在优势。文章就促进我国海草床生态修复提出15条建议:开展海草床在线监测和适宜海草生长的调查、加强NbS和海草床宣传、加强监管执法和统筹协调、制定合理的奖补政策、成立中国海草专业委员会、为公众参与提供便利、开展气候变化适应性海草种植试验建议等。

关键词:海草床;生态修复;宜林则林宜草则草;自然的解决方案

中图分类号:P7 **文献标志码**:A **文章编号**:1005-9857(2024)06-0144-07

Suggestions for Ecological Restoration of Seagrass Under the Background of Sinicized NbS

XU Shusheng, DONG Di, HUANG Huamei

(South China Sea Development Research Institute, MNR, Guangzhou 510300, China)

Abstract: Nature-based solutions (NbS) is the concept advocated by the International Union for Conservation of Nature (IUCN), based on China's unique ecological protection and restoration traditions, natural geospatial patterns, and natural resource features. The development of Chinese NbS solutions will contribute to the implementation of the concept of NbS in China. China has a tradition of afforestation and grassland protection, and the successful experiences are the embodiment of NbS. Therefore, the research on the highlights of ecological restoration of "for-

收稿日期:2023-10-05;**修订日期**:2024-05-28

基金项目:2023年海洋经济发展(海洋六大产业)项目(粤自然资合〔2023〕41号);广东省林业局2023年度自然资源事务专项资金生态林业建设(省级组织实施)项"典型滨海湿地碳储量核查、增汇潜力评估及碳汇交易机制研究";广东省林业局2023年度海洋事业费及海洋环境损失赔偿专项资金项目"海洋保护地人类活动核查、生态环境和典型生态系统监测评估".

作者简介:徐淑升,调研员,硕士,研究方向为生态修复

通信作者:董迪,博士,高级工程师,研究方向为海洋遥感

est" and "grass" has important inspiration and reference significance for the ecological restoration of seagrass beds. Through the comparison of domestic and foreign research results and case study data, the logical system diagram of countermeasures and suggestions is drawn to improve the correlation and rationality of each recommendation. This paper summarizes the highlights of mangrove and grassland ecological restoration, and points out that there are disadvantages in domestic seagrass bed ecological restoration in terms of policy and public participation, capital investment and technical means, but there are also advantages in the utilization of subtidal space resources and carbon sink under the condition of the seagrass fast growth rate and no change in the nature of tidal flats. The paper puts forward 15 suggestions for promoting the ecological restoration of seagrass beds in China: carry out seagrass bed online monitoring and survey of suitable seagrass places, strengthen the publicity of NbS and seagrass beds, strengthen supervision and law enforcement and coordination, establish reasonable reward and subsidy policies, establish Chinese seagrass professional societies and non-governmental organizations, facilitate public participation, try experiment of climate change adaptation, etc.

Keywords: Seagrass beds, Ecological restoration, Planting trees and grass in suitable places, Nature-based Solution

0　引言

基于自然的解决方案（Nature-based Solution，NbS）是当前国内外比较认可的生态问题解决方案，2016 年世界自然保护联盟（IUCN）首次将其定义为"保护、可持续管理和恢复自然的和被改变的生态系统的行动，能有效和适应性地应对社会挑战，同时提供人类福祉和生物多样性效益"，2020 年又发布了《NbS 全球标准》，强调有效的设计、确保和响应利益相关者权利等[1]，2021 年，自然资源部将该标准翻译为中文。NbS 与地方特色结合更有助于其成功。例如，历史上荷兰人有海岸线防护传统，在长期的岸线防护时发现，由潮汐能输沙、沙生植物固沙共同作用形成的近海沙丘是低维护成本的天然海堤，为解决本国近年来出现的"沙荒"，保护海岸带，荷兰人放弃了每 5 年就须进行 1 次的人工填沙工程，开始了借助自然动力补沙的沙引擎（Sand Motor）项目，取得了更好的效果，提高了补沙效率并减少成本，这是 NbS 在荷兰本土化的成功案例。中国自古就有尊重自然、顺应自然的传统，大禹治水采用顺应水流疏通水道的方法，体现了"师法自然，因地制宜"的理念。近代，我国在防治黄土高原水土流失、开展生态修复时总结了"宜林则林、宜草则草"的成功经验，这都是中国化 NbS 的历史体现。

当前海草床正面临较严重的生态问题，全球 29％的海草床已退化或丧失，约 14％的海草种类面临灭绝[2-3]。为保护修复海草床，近年来，我国开展了一些海草床生态修复项目，但数量不多，在我国南方地区数量更少。与同样面临退化但是生态修复实施时间较久的红树林、陆地草原相比，海草床生态修复还有差距[3,4]。同样受自然和人为因素影响，我国红树林从 20 世纪 70 年代到 2000 年减少了 62％；80 年代我国草原开始大面积的退化，退化面积达 90％。近十几年来，红树林和草原生态修复成效显著，面积回升，2019 年红树林覆盖面积比 2000 年增长 47％[5-7]，内蒙古草原 2017 年总体已经恢复到接近 20 世纪 80 年代的水平[8]。然而同期我国海草床面积并未显著提升[3-4]。

NbS 理念、方法与习近平生态文明思想高度契合。习近平总书记多次强调要宜林则林、宜草则草，2018 年国务院机构改革将原海洋局的部分职责并入自然资源部，原林业局和草原局合并成国家林草局，我国在陆海统筹、林草并重的组织机构上更进一步。海草床常被称为"海底草原"，与陆地草原

在生态功能方面有相似之处。海草床主要分布于近岸 4 m 以浅水域，有些区域其生长与红树林存在部分交叉。陆地草原、红树林和海草床三者都具有固定底质、碳汇、为生物提供食源及栖息场所、维持生物多样性等生态功能[3]。对三者生态修复的研究多为各自独立开展，跨学科综合性的比较研究较少。基于中国化的 NbS 理念，开展较成熟的“林”“草”生态修复亮点研究，对 NbS 中国化和起步较晚的海草床生态修复有重要启发和借鉴意义。

1 红树林和陆地草原生态修复的亮点

近年来中国非常重视红树林和陆地草原生态修复，习近平总书记 3 次亲临红树林并作出重要指示批示；作为天然草原面积世界第一的国家，中国对陆地草原的保护修复已有 60 余年历史。通过资料分析，本文总结了两者在生态修复方面的亮点。

1.1 红树林生态修复

1.1.1 有相应的非资金激励措施

按照年度红树林造林合格面积的 40％对地方给予新增建设用地计划指标奖励。此外，中央生态修复专项资金重点支持红树林，例如 2020 年“蓝色海湾”在南方沿海省份的项目都是红树林修复项目。

1.1.2 有相应的资金补偿标准

健全的补偿标准对落实项目、维持稳定非常重要。生态补偿标准因地制宜，例如海南省海口市 2013 年颁布了东寨港保护区《退塘还林工作实施方案》，按照虾塘不同分类给予不同补偿标准，最高 36 元/m^2，2018 年，海南省又将退塘还林标准最高设为 45 元/m^2。

1.1.3 科研项目支持力度大

近年来国家和地方的自然科学基金项目经常设立侧重红树林方面的研究课题，吸引了更多的专家学者参与这项工作，形成更多成果，有助于生态修复水平的提升。

1.1.4 注重生态修复的全过程管理

注重修复前准备、修复中监测、修复后综合效益发挥。例如修复前的利益相关者协调、宜林地改造；修复过程中，采用多种传感器实时监测土壤、pH 值和盐度信息，并使用这些数据更好地管理；修复后注重鸟类等观赏动物栖息地营造，发挥宣教功能，开展长期维护。

1.1.5 有明确的修复任务和实施任务的组织架构

例如，2020 年自然资源部、国家林业和草原局印发了《红林保护修复专项行动计划（2020—2025 年）》，组织沿海省市县层层落实。

1.1.6 注重公众宣传工作

结合国内外热点，集中开展红树林的宣教。例如，2004 年印度洋海啸后，国内开展大量宣传报道红树林守护的岸滩损失明显较小的情况；修复项目实施时组织公众参与红树苗种植，吸引媒体报道；在没有天然红树林的北方城市，为普及红树林知识，还设置了温室展览红树林[9]。宣传工作对提高红树林的公众认知，提升公众参与发挥了作用。

1.2 陆地草原生态修复

1.2.1 法律、制度、规划、组织体系完善

1985 年实施的《中华人民共和国草原法》从法律层面为陆地草原保护修复提供依据，陆地草原生态修复的制度、规划比较完善，从顶层设计、总体规划，到各级地方政府林草部门贯彻落实的具体措施，组织体系较完善、执法力度较强。2013—2017 年，我国共立案查处各类破坏草原案件 8.2 万起，落实禁牧休牧 1.59 亿 hm^2，划定基本草原 2.33 亿 hm^2。

1.2.2 生态修复监测业务化运行体系完善

全国各级林草部门的年度草原保护修复工作会、年度草原监测报告等业务化工作已开展多年，为定期开展草原生态评价，摸清草原的生态家底提供保障。

1.2.3 资金奖补制度较完善

多部委联合印发了草原生态保护补助奖励政策，确保资金来源，保障资金合理有序分配。2013—2017 年，我国共立案查处各类破坏草原案件 8.2 万起。划定基本草原 2.33 亿 hm^2，落实禁牧休牧1.59亿 hm^2，分别占草原总面积的 59％、40％，到 2018 年中央累计投入资金 295.7 亿元实施退牧还草工程[10]。

1.2.4 多方位支持陆地草原科研项目

培养大量有国际视野的专家，大力支持专家学者出国学习；开展跨学科、跨部门交流合作，例如自

然资源、生态修复、农业农村、工程机械、航空航天等领域专家合作，研发了草原生态修复工程机械，大大提高效率，通过航天科技、激光技术，提升种子的生命力，提高生态修复成效。针对幼苗不易固着的难题，发展出草皮移植法、草方格法等，可以快速建立适合草场生长的小环境，修复效果好、恢复快[11－13]。

1.2.5　从科研到推广是全链条过程

陆地草原生态修复从科技研发到推广是全链条的，各环节配备有相应人员。例如，前期通过种子研发发展高质量草种业，中期通过有害生物防治、免耕补播修复技术研发推广做好管理，后期注重改善草原生态和提高草原生产力的协同，提高生态修复区牧民收入。

1.2.6　多方位多角度的宣传

讲好草原故事，突出先进人物先进事迹。例如国人熟知的塞罕坝精神，在积极发扬的过程中带动了草原生态修复的发展；注重发挥专家学者作用，办讲座，普及草原退化的现实和危害，提高了公众认知（表 1）。

表 1　红树林和陆地草原生态修复亮点

Table 1　Highlights of ecological restoration of mangroves and terrestrial grasslands

亮点	红树林	陆地草原
1	政策体系较完善	法律、制度、规划、组织体系完善
2	有相应的非激励措施	资金奖补制度较完善
3	补偿标准较健全	多方位支持陆地草原科研项目
4	科研项目支持力度大	从科研到推广是全链条过程
5	注重生态修复的全过程管理	监测业务化运行体制完善
6	注重公众宣传工作	多方位多角度的宣传

2　国内海草床生态修复的优劣势

通过对比，发现当前海草床生态修复存在的劣势与优势如下。

2.1　优势

2.1.1　海草生长期较短

红树从种子到幼苗需要约 2 年时间，再长为成体又需 10 年以上。而海草所需生长期较短，从种子生长到海草成体只需要 2～3 年，这与陆地上草原恢复速度比森林更快类似。而且，人工修复海草床达到一定面积后，如果条件合适，海草床能快速扩增，例如，美国加利福尼亚州实施小规模海草修复后，修复后的海草自然生长扩大面积，导致海草床的面积是最初修复地块的 85 倍[14]。

2.1.2　在不改变滩涂性质条件下利用潮下带空间资源

海草可以完全被海水淹没，因此可以生长在部分潮下带，而潮下带是人类活动少有利用的地区，可以种植海草，从而利用部分潮下带的空间资源。

2.1.3　碳汇潜力较大

海草床单位面积的碳汇储量高于陆地草原和森林生态系统，拥有较大的碳汇潜力[15]。

2.2　劣势

2.2.1　政策和公众参与偏弱

海草床生态修复的支持政策完善程度不如红树林和陆地草原。长期以来，海草床不被公众了解，很多沿海市民不知道海草为何物，内陆更是如此。公众对海草床的关注不足可能影响了海草床修复政策的制定。

2.2.2　吸引资金投资偏弱

国内海草床生态修复获得较少政府资金支持，海草床生态修复项目少、资金少，例如近年来中央资金支持的南方地区海草床生态修复项目为 0。相比红树林中央项目支持资金一年超 10 亿元、陆地草原生态修复退牧还草中央资金 295.7 亿元、奖补资金 1 326 亿元，海草床生态修复资金支持劣势明显。此外，由于海草床在抵御台风、防浪减灾功能不如红树林显著，因此在防灾减灾项目资金竞争时，海草床可能也处于弱势，例如，在我国南方，红树林生态修复吸引了更多的修复资金流向。

2.2.3　修复技术不成熟

国内南方地区海草种植成活率不高，限制了南方地区海草床生态修复发展。国内海草床生态修复监测站点少，基础数据不足。海草保护修复的研究力度偏小，CNKI 检索到近 20 多年来（2000—2022 年）中英文论文发表情况为：红树林生态修复 562 篇，陆地草原 4 959 篇，海草床 155 篇，差距较大。标准规范颁布时间短，效果不能充

分显现，例如 2021 年，自然资源部组织编制了《海洋生态修复技术指南（试行）》第 5 部分：海草床；2023 年 3 月 1 日，农业农村部批准发布实施的行业标准《海草床建设技术规范》，标准规范要与实际实施不断磨合。

3 国际海草床生态修复经验

3.1 政策和公众参与

国外已出台了海草床保护修复的专项政策，例如美国加州的《保护加州海岸和海洋战略计划》包括了保护 6 000 hm^2 海草床，并在 2025 年前增加 400 hm^2 的具体目标[14]。这种明确具体修复面积的做法与我国红树林行动计划相似。在修复时注重公众参与，例如英国、澳大利亚生态修复部门组织专业人员与当地社区居民一同种植海草。

3.2 吸引资金投资

美国已对海草床实施了有计划、长时间的资金支持，例如，美国弗吉尼亚开展了世界上最大的海草修复，面积达 36 hm^2，并开展了 20 多年的数据收集，提供的资金支持超过 20 年。

3.3 注重发展修复和监测技术

国外对海草床生态修复技术的创新较多，一些新奇想法也能得到科研支持，例如美国佛罗里达州圣安德烈斯湾水上保护区通过鸟的排泄物促进海草修复，他们在海草床上面安装鸟桩，从而吸引鸟栖息在桩上，鸟的高磷排泄物在鸟桩下富集，这些排泄物为海草的生长提供营养物质，增加了海草修复成功率。国外海草床生态监测基础网络建设较好，例如美国 2001 年在西太启动的 seagrasswatch 计划，具有全球监测能力和网络数据报告系统，这些站点对系统性开展海草床生态修复和评估非常重要，目前已发展到 33 个国家的 126 个站点。

4 海草床生态修复的建议

为解决海草床生态修复面临的政策、公众参与、资金、科技劣势，提出以下 15 条建议。

（1）基于 NbS 理念，摸清海洋“林草”的自然分布，开展红树林、海草床历史自然分布调查，分析原因，评估人工修复分布与成效，平衡海洋“林”与“草”的关系，统筹支持发展红树林、海草床多种生态类型综合的海洋生态修复项目。

（2）平衡林草关系，开展海草床专项保护修复任务，加强对海草破坏的查处和巡视力度。

（3）加强 NbS 宣传，在生态修复时，减少“外科手术”式的直接人工干预，增加“中医养生”式的辅助人工调理。加强海草床科普宣传力度，提高海草床科普作品的丰富度和数量。

（4）加强监管执法和统筹协调，协调当地自然资源、环保部门监督管理和海警部门执法职责。高效查处破坏海草床的行为。

（5）制定合理的海草床生态修复奖补政策。

（6）发掘海草经济价值，发展海草旅游、海草保健品和药品开发，吸引社会资本投资海草育苗和种植，吸引社会资本。

（7）吸引多渠道资金注入生态修复基金，实施有计划的、长时间的资金支持。

（8）探索多种财政资金支持生态修复项目的分配方法。增加每年申报生态修复项目的次数，改进生态修复项目资金的给付方式，逐渐提高对海草床生态修复项目的支持力度。

（9）开展全国适宜海草生长的细致调查，按不同海草类型分布的深度而异，确定不同的调查修复方案。

（10）成立中国海草专业学会、专业委员会或专家组，鼓励民间环保组织加强海草保护修复，加强国内海草研究领域和政府公务员、公众交流。

（11）研究海草在线监测设备，提高调查监测效率。

（12）加强国内外的经验交流与合作，加大参与国际海草床监测网络建设。

（13）开展气候变化适应性海草种植试验，培育或引进耐受性较好的海草类型，开展小规模种植实验。

（14）在开展海草床生态修复项目的现场，为公众提供更多手动参与的机会。

（15）在制定政策时，吸引更多的利益相关者提供信息和建议，提升政策制定针对性。

以上建议互相之间的逻辑关系如图所示（图 1），通过图中箭头起点的工作，促进终点问题的解

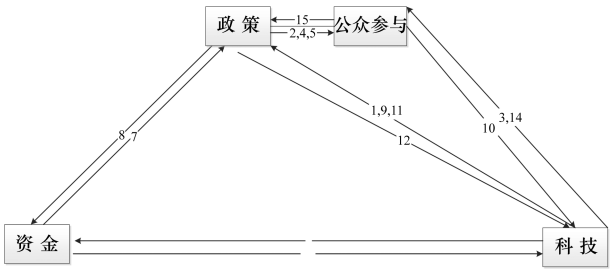

图 1　海草床生态修复建议逻辑关系图

Fig.1　Correlation diagram of suggestions for ecological restoration of seagrass beds

决，其中，有助于政策制定的有 5 条：这些建议能提高政策决策者重视程度、加强科学决策水平、提高政策执行力度、为长期的政策落实提供多元化资金保障。有助于吸引公众参与的有 5 条：这些建议能提高保护修复海草床生态的内生动力、减少项目实施可能面临的纠纷、减少对海草床的人为破坏，为可持续的保护修复提供保障。有助于科技发展的有 3 条：这些建议能促进国内外的经验交流、提高科技成果转化的成功率。有助于解决资金问题的有 2 条：这些建议有助于吸引社会资本，减少大规模投资带来的风险，提高资金使用效率。这些建议能够使得政策制定、公众参与、资金支持、科技发展 4 个要素互相促进，形成正向循环，这种“建议打包”可更好地促进建议的落实。

参考文献(References)：

[1] 世界自然保护联盟(IUCN). IUCN 基于自然的解决方案全球标准使用指南.[M].中华人民共和国自然资源部组织编译，2021.
IUCN. Guidance for using the IUCN Global Standard for Nature-based Solutions..[M].IUCN，2021.

[2] WWF. Seagrass Restoration project. [EB/OL]. [2023－03－25]. https://www.wwf.org.uk/success-stories/seagrass-restoration-project.

[3] 陈彬，俞炜炜，陈光程，等. 滨海湿地生态修复若干问题探讨[J]. 应用海洋学学报，2019，38(4)：464－473.
CHEN Bin，YU Weiwei，CHEN Guangcheng. et al. Coastal wetland restoration：an overview[J]. Journal of Applied Oceanography.2019，38(4)：464－473.

[4] 李森，范航清，邱广龙，等. 海草床恢复研究进展[J].生态学报，2010，30(9)：2443－2453.
LI Sen，FAN Hangqing，QIU Guanglong，et al. Review on research of seagrass beds restoration[J]. Acta Ecologica Sinica.2010，30(9)：2443－2453.

[5] 贾明明. 1973～2013 年中国红树林动态变化遥感分析[D]. 北京：中国科学院，2014.
JIA Mingming. Remote sensing analysis of the dynamic changes of mangroves in China from 1973 to 2013[D]. Beijing：Chinese Academy of Sciences，2014.

[6] 贾明明，王宗明，毛德华，等. 面向可持续发展目标的中国红树林近 50 年变化分析[J]. 科学通报，2021，66(30)：3886－3901
JIA Mingming，WANG Zongming，MAO Dehua，et al. Analysis of changes in mangroves in China over the past 50 years towards sustainable development goals[J]. Chinese Science Bulletin，2021，66(30)：3886－3901.

[7] 徐淑升，严淑青，谢素美. 海洋生态修复项目监管的现状、问题与建议[J]. 海洋开发与管理，2022，39(10)：86－90.
XU Shusheng，YAN Shuqing，XIE Sumei. The current situation，problems，and countermeasures of marine ecological restoration project supervision[J]. Ocean Development and Management，2022，39 (10)：86－90

[8] 国家林业和草原局. 2018 年度中国林业和草原发展报告[EB/OL].(2020－04－27) [2023－03－31]. http://www.forestry.gov.cn/main/62/20200427/150949147968678.html.
National Forestry and Grassland Administration .Chinese Forestry and Grassland Development Report in 2018 [EB/OL] (2020－04－27) [2023－03－31] http://www.forestry.gov.cn/main/62/20200427/150949147968678.html.

[9] 人民网. 北京世园会植物馆—红树林搬进北方温室 [EB/OL].(2019－04－1). [2023－03－25].http://env.people.com.cn/n1/2019/0401/c1010－31005890.html.
People's Daily. The Beijing World Horticultural Exposition Botanical Garden-Mangrove moved into the northern greenhouse [EB/OL].(2019－04－01) [2023－03－25] http://env.people.com.cn/n1/2019/0401/c1010－31005890.html.

[10] 中国新闻网. 中国草原面积世界第一 约占全球草原面积 12% [EB/OL].(2018－07－17). [2023－03－25]. https://www.chinanews.com.cn/cj/2018/07－17/8570426.shtml.

China News Network. China has the world's largest grassland area in the world, accounting for approximately 12% of the global grassland area [EB/OL] (2018－07－17) [2023－03－25] https://www.chinanews.com.cn/cj/2018/07－17/8570426.shtml.

[11] BRUELHEIDE H, FLINTROP T. Evaluating the transplantation of a meadow in the Harz Mountains[J], Germany. Biological Conservation, 2000, 92: 109－120.

[12] Skrindo A.B., Pedersen P.A. Natural revegetation of indigenous roadside vegetation by propagules from topsoil[J]. Urban Forestry and Urban Greening, 2004, 3(1): 29－37.

[13] CAO C Y, ZHANG Y, CUI Z B, et al. Soil bacterial community responses to revegetation of moving sand dune in semi-arid grassland [J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 2017, 101(15): 6217－6228.

[14] Tim Stephens. Seagrass restoration study shows rapid recovery of ecosystem functions [EB/OL]. (2021－10－25)[2023－04－20].https://news.ucsc.edu/2021/10/eelgrass-restoration.html.

[15] 周毅, 徐少春, 张晓梅,等. 海洋牧场海草床生境构建技术[J]. 科技促进发展, 2020, 16(2): 200－205.
ZHOU Yi, XU Shaochun, ZHANG Xiaomei,et al .Reconstruction technology of seagrass bed for marine ranch[J]. Science & Technology for Development. 2020, 16 (2): 200－205.