

T/ECOSC

团 体 标 准

T/ECOSC XXX—XXXX

互花米草除治后生态修复导则

Technical guidelines for ecological restoration after *Spartina alterniflora* eradication

(征求意见稿)

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中国生态学学会 发布

目 次

前 言.....	II
1 范围.....	3
2 规范性引用文件.....	3
3 术语和定义.....	3
4 修复原则.....	3
5 生态修复流程.....	4
6 调查评估.....	5
7 修复类型与措施.....	5
8 生态修复措施.....	6
9 安全施工.....	7
10 监测与验收.....	8
11 长效维护与管理.....	9
附录 A.....	10
附录 B.....	11
参考文献.....	12

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由南大（常熟）研究院有限公司（南京大学常熟生态研究院）提出。

本文件由中国生态学会归口。

本文件起草单位：南大（常熟）研究院有限公司（南京大学常熟生态研究院）、南京大学。

本文件主要起草人：安树青、朱正杰、赵晖、杨棠武、冷欣、夏露、戈萍燕、邵一奇、张静涵、陈佳秋、傅海峰、卜弘毅、陈曦、崔素珍、康晓光。

互花米草除治后生态修复导则

1 范围

本文件明确了修复原则、修复流程、调查评估、修复措施、安全施工、监测与验收、长效维护与管理等技术要求。

本文件适用于互花米草除治后区域生态修复工作。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 12763.6 海洋调查规范 第6部分：海洋生物调查
- GB/T 12763.8 海洋调查规范 第8部分：海洋地质地球物理调查
- GB 17378.4 海洋监测规范 第4部分：海水分析
- GB 17378.5 海洋监测规范 第5部分：沉积物分析
- GB/T 17501 海洋工程地形测量规范
- GB/T 41339.4 海洋生态修复技术指南 第4部分：海草床生态修复
- GB/T 44592 红树林生态保护修复技术规程
- HJ 710.4 生物多样性观测技术导则 鸟类
- HY/T080 滨海湿地监测技术规程
- HY/T 081 红树林生态监测技术规程
- HY/T 083 海草床生态监测技术规程
- HY/T147.7 海洋监测技术规程 第7部分：卫星遥感技术方法
- HY/T 255 海滩养护与修复技术指南
- NY/T 1121.16 土壤检测 第16部分：土壤水溶性盐总量的测定
- DB32/T 5144 滨海湿地生态修复技术规范
- DB22/T 3175 退化盐碱湿地恢复芦苇栽植技术规范
- DB31/T 1373 海三棱蔗草种群生态修复技术规程
- T/CAOE 20.4 海岸带生态系统现状调查与评估技术导则 第4部分：盐沼
- T/CAOE 21.2 海岸带生态减灾修复技术导则 第2部分：红树林
- T/CAOE 21.3 海岸带生态减灾修复技术导则 第3部分：盐沼

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高潮带 high tide zone

位于潮间带最上部，上界为大潮高潮线，下界是小潮高潮线，只在大潮时被海水淹没的滩涂。

3.2

低潮带 low tide zone

上界为小潮低潮线，下界为大潮低潮线，大部分时间浸在水里，只在大潮落潮的短时间内露出水面的滩涂。

4 修复原则

4.1 因地制宜、科学修复

突出沿海生态功能和生物多样性保护，遵循滨海生态系统演替规律，结合区域潮位、水系分布、土壤地质、岸线蚀淤、动植物分布等自然条件，以及区域生态功能定位、施工条件等因素，根据互花米草除治后滩涂基质特点，宜林则林、宜草则草、宜滩则滩，科学制定生态修复方案。

4.2 生态优先、兼顾效益

坚持生态优先理念，优先采取生态友好的修复措施，避免生态系统的二次破坏或污染，同时考虑生态修复的经济可行性，实施兼顾生态效益、经济效益和社会效益的修复模式。

4.3 分区施策、精准修复

根据不同生态功能分区和修复目标，分类分区实施修复策略。自然保护区采用保护优先、适度干预的策略；航道、港口、养殖塘等按照通航和经营要求，采用精准修复、保证生产的策略；其他区域根据自然禀赋，采用生态修复、适度留白策略。

4.4 统筹规划、系统修复

考虑生态系统的完整性和系统性，在可能影响互花米草治理及可能受到互花米草治理影响的空间尺度上，统筹规划区域内生态修复工作，分步骤、分阶段实施，逐步实现生态系统整体修复。

5 修复流程

互花米草除治后生态修复的技术流程包括：确定生态修复区域，进行调查评估，确定修复类型，选择合适的修复措施，安全施工，进行监测与验收，制定管理计划并实行长效维护与管理。

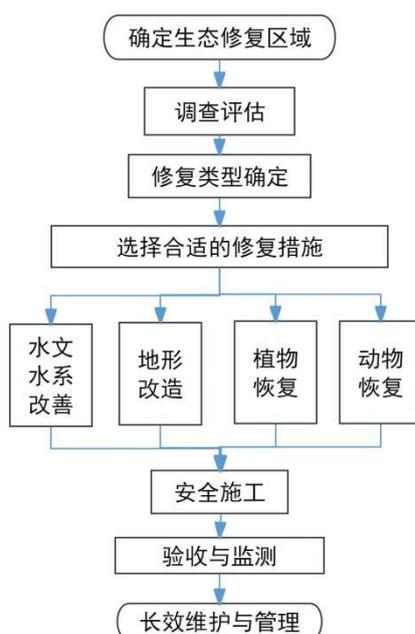


图1 互花米草除治后生态修复流程图

6 调查评估

6.1 调查内容

6.1.1 互花米草入侵前原生生态系统状况

收集互花米草入侵前5年项目区的滨海湿地类型、空间分布与生态特征数据，包括：原生植被的分布、面积、物种组成、密度与繁殖方式；滩涂高程、潮汐特征、沉积物粒度等生境条件；滩涂养殖品种、大型底栖动物、鱼类浮游生物及鸟类的种类与丰度等生物群落情况。

若数据不足，应设置参照区域进行调查，或利用文献与历史数据构建参照生态系统。

6.1.2 互花米草除治后区域生态状况

调查治理区及周边互花米草与原生湿地植被的分布、特征与生境，重点包括：互花米草分布区域及除治情况与复发情况；滩涂高程、冲淤环境、沉积物粒度、氧化还原电位、有机碳、氮磷含量等生境条件；本土植物、大型底栖动物、鱼类浮游生物及鸟类的种类与丰度等生物群落情况。

6.1.3 区域管理状况与威胁因素

调查互花米草入侵前后的管理现状与潜在威胁，重点包括：相关法规、保护地范围、发展规划、海域使用现状与权属、社会影响与利益相关者等管理现状；互花米草防治技术措施等既往工程；有害生物、民众活动、污染排放、海岸工程及气候事件等威胁因素。评估项目是否具备社会可行性。

6.2 调查方法与频次

6.2.1 调查方法

调查布点按照HY/T080的规定，调查面积范围按照HY/T147.7的规定，红树林植被调查宜符合HY/T081的规定，盐沼植被调查宜符合T/CAOE 20.4的规定，海草床植被调查宜符合HY/T 083的规定，底栖动物、鱼类浮游生物调查宜符合GB/T 12763.6的规定，鸟类调查宜符合HJ 710.4的规定；滩涂高程的测量宜符合GB/T 17501的规定；水体盐度的调查按GB 17378.4的规定执行；沉积物水溶性盐总量监测宜符合NY/T 1121.16的规定，沉积物粒度、有机碳、总磷和总氮等监测宜符合GB 17378.5和GB/T 12763.8的规定。

6.2.2 调查频次

在互花米草除治前后开展调查，宜开展周年不同季节的调查，其中，植物群落和沉积物环境不少于1次/年，动物群落不少于2次/年。

6.3 评估内容

分析互花米草对原生的生态系统或重要生物类群的影响，评估治理区修复原生生态系统的必要性、可行性，以及互花米草清除后的再生风险，按照HY/T080的规定。

分析原生生态系统、关键生物类群及生产生活对生境条件的需求，评估互花米草治理后的生境是否满足本土植物的生长要求，识别适宜修复的区域。红树林适宜修复区域的判断参考GB/T 44592；海草植被适宜修复区域的判断参考GB/T 41339.4；盐沼植被适宜修复区域的判断参考T/CAOE 21.3。

7 修复类型与措施选择

7.1 修复类型确定

根据区域调查评估结果，按照“宜林则林、宜草则草、宜滩则滩”的原则，确定项目区的生态修复类型，包括红树林、盐沼、海草床、光滩等；具体按GB/T41339相关规定执行。

7.1.1 红树林修复类型选择

a) 红树林造林：滩涂红树林造林和养殖塘区红树林造林；

- b) 红树林修复：退化红树林修复和外来速生红树林改造；
- c) 红树林保护：有害生物防控和生物多样性保护。

7.1.2 盐沼湿地修复类型选择

- a) 位于高潮带且具备淡水供应条件的区域，应重建湿地水文环境，恢复淡水湿地；
- b) 位于高潮带但缺乏淡水供应条件的区域，应调控土壤盐度，恢复盐沼湿地；
- c) 位于中潮带的区域，应通过微地形改造构建适应潮汐变化的盐沼湿地；
- d) 位于低潮带的区域，应恢复光滩湿地。

7.2 修复措施选择

根据除治后区域及周边原生沿海湿地生态系统分布历史、有无淡水供应条件，选择合适的修复措施，包括改善生境条件，如水文水系、地形改造等；恢复原生植被（红树林、盐沼植被、海草）；恢复重要动物群落（如底栖动物）。

8 修复措施

生态修复措施包括水文水系改善、地形改造、植物恢复、动物恢复4类。

8.1 水文水系改善

- 8.1.1 对于潮沟淤堵、河道堵塞、滩涂缺水旱化等情况，需要通过水系联通工程，如清淤、疏通等措施，潮间带区域清淤深度宜为20-30 cm。
- 8.1.2 修复区无法满足原生植被生长的潮汐水文条件，应通过开挖潮沟、连通水系形成潮汐通道。
- 8.1.3 对于属于野生动物类型自然保护区的高潮带滩涂，应考虑动物栖息及觅食需求，分析湿地的季节性水位需求，通过水系梳理及水利配套设施，进行针对性的水文调控。
- 8.1.4 对于互花米草复发风险较高的区域，应考虑引水措施，可采用定期引淡水淹没的方式来防控复发。

8.2 地形改造

8.2.1 地形修复改造

- 8.2.1.1 地形高程如不能满足植被恢复需求时，需进行地形改造，一般采取带状起垄、岛状整地等就地取土挖填方式。为避免对原生境产生较大扰动，起垄、整地高程差（以原滩面高程为基准）平均不宜大于100 cm。
- 8.2.1.2 受潮汐风浪影响小的且有淡水供应条件的高潮带滩涂，可通过地形改造，塑造深水区、浅水区、浅滩、生态岛等多种淡水湿地生境，为不同的鸟类、鱼类、底栖及土壤动物等生物提供适宜的栖息生境。
- 8.2.1.3 对于有野生动物保护需求的中潮带滩涂，通过疏沟起垅等方式，形成退潮后临时积水的洼地，满足鸟类的觅食需求。
- 8.2.1.4 对于自然恢复为主的低潮带光滩，可设计“主-支-毛”三级结构的潮沟系统，整体呈树枝状分布以模拟自然潮汐水道形态。

8.2.2 基底生态修复

- 8.2.2.1 地形改造完成后，应根据互花米草除治后区域的场地条件，视情况进行基底生态修复。
- 8.2.2.2 当基底出现土壤结构破坏、板结、硬化等情况，不能满足植物生长需求时，可通过旋耕、土壤晶化、添加土壤改良剂、局部换土等技术措施改良土壤，促进基底生态修复。
- 8.2.2.3 土壤改良剂包括腐熟农家肥、生物碳、微生物菌剂、植物根际促生菌等，建议采用撒播方式，施用时需确保改良剂与表层土壤（约0-20 cm深度）混合均匀，具体用量应基于土壤检测结果（如盐度、pH值、有机质含量等）和目标植被的需求进行精确调整。

8.2.3 消浪措施

- 8.2.3.1 侵蚀型海岸要考虑消浪防冲措施，如人工牡蛎礁群构建等。

8.2.3.2 滩涂可采用草方格、阻沙网、麻布覆盖等组合消浪技术，降低沿岸波浪侵蚀强度，营造稳定的微地形环境。

8.3 植物恢复

8.3.1 植物种类选择

8.3.1.1 参考除治区历史情况或周边自然状况相似的原生生态系统，根据潮汐动态、滩涂底质、潮位、盐度、水文及其他自然条件，选择与修复区域条件相适应的乡土植物。

8.3.1.2 可选择的盐沼植物参照DB32/T 5144；可选择的红树林植物参照GB/T 44592；可选择的海草床植物参照GB/T 41339.4。

8.3.1.3 耐盐能力较差的品种适宜在高潮带低盐度区域或者河口低盐区种植；耐盐能力强、耐淹能力弱的品种适宜在高潮带高盐度区域种植；耐盐能力强、耐淹能力强的品种适宜在中低潮带滩涂种植。

8.3.1.4 综合考虑乔木、灌木、陆生盐地草本和水生植物类型的搭配与空间布局，可采用1:3:6的乔木:灌木:草本的比例。

8.3.2 植物种植技术

8.3.2.1 籽播宜选择上年采摘的新种子，并且要成熟饱满、无损伤无病害的种子。移栽宜选用生长健壮、无病虫害的幼苗，尤其可大规模繁殖的组培苗。

8.3.2.2 植物种植根据场地条件及植物特性选择籽播或者移苗。

8.3.2.3 结合人工耙地、机械旋耕及种子优化配置等种植措施，提高种子着床率与幼苗成活率。

8.3.2.4 芦苇种植按照DB22/T 3175的规定，海三棱蔗草种植按照DB31/T 1373的规定，红树林植物种植按照GB/T 44592的规定；海草床植物种植按照GB/T 41339.4的规定。

8.4 动物修复

8.4.1 底栖动物

8.4.1.1 根据互花米草除治后区域的生态禀赋和基础条件，选择当地的底栖动物，如泥螺（*Batillaria zonalis*）、文蛤（*Ruditapes philippinarum*）、蛤蜊（*Meretrix lusoria*）等，采用定点播苗等措施，结合潮汐自然恢复。

8.4.1.2 属于野生动物类型自然保护区的除治后区域，根据主要保护动物（如鸟类）的需求，投放一定数量的底栖生物。

8.4.1.3 对于养殖需求，合理布局滩涂养殖空间，并做好种苗投放、定期采捕和日常管理。

8.4.2 土壤动物

属于野生动物类型自然保护区的中、高潮带滩涂，引入沙蚕等土壤动物，或耐盐土壤微生物，恢复滩涂湿地的土壤动物多样性。

8.4.3 鸟类

应充分考虑鸟类对生境的需求，通过水文水系改善、微地形改造、植被恢复、底栖动物恢复等措施营造适宜的鸟类觅食地和繁殖地等生境。

9 安全施工

9.1 深水区作业

在深水区施工时，需选择合适的水上作业设备，并确保施工人员佩戴防护装备，实时监测水文情况，确保施工安全。

9.2 风暴潮应急响应

建立海上逃生疏散通道,风暴潮预警期间立即暂停施工,撤离人员与设备,确保防洪排水设施完好,风暴潮过后进行全面检查,确认安全后恢复作业。

10 监测与验收

在生态修复工程完工后当年进行短期验收,修复完成后至少持续3年管护期,管护期结束后进行长期验收。

10.1 监测

10.1.1 监测指标

- 植被分布指标:目标植物覆盖面积、植被覆盖度。
- 植物生长指标:植株密度、高度、生物量。
- 土壤结构指标:土壤结构(粒径、容重等)。
- 土壤理化指标:土壤理化性质(含水量、氮磷钾、有机质、盐分、pH等)。
- 生物多样性指标:植物多样性指数、土壤动物多样性指数、底栖动物多样性指数。
- 栖息地质量指标:鸟类多样性指数、重点保护动物多样性指数、水域面积比例、光滩面积比例、水生植物覆盖面积比例。

10.1.2 监测方法

采用遥感影像解译、无人机及现场核查、固定样地监测等方式,监测方法同6.2.1。

10.1.3 监测频次

工程完工后当年验收1次;管护期内每年检查监测1次;管护期结束后验收1次。

10.2 验收

10.2.1 验收标准

10.1.2.1 地形改造达到设计标准,修复工程完工当年的乔灌木成活率大于或等于80%,草本植被覆盖度大于或等于80%,视为短期验收合格。红树林湿地具体按照GB/T 44592执行。

10.1.2.2 管护期结束后验收检查时,乔灌木成活率大于或等于90%,草本植被覆盖度大于或等于90%;土壤结构指标(以土壤容重为主)在周边同类型健康湿地的正负20%范围以内;植被生长指标(以生物量为主)、土壤理化性质指标(以有机质含量为主)和生物多样性指标(以土壤动物和底栖动物丰富度为主)均达到周边同类型健康湿地的60%以上,视为验收合格。如周边无同类型健康湿地,以历史记录为准。栖息地质量指标(以鸟类多样性指数及重点保护动物多样性指数为主)达到周边同类型栖息地的60%以上,视为长期验收合格。

10.2.2 验收材料

验收材料应包括但不限于以下内容:

- 项目实施前后的影像资料,包括航拍和近景照片;
- 项目作业设计文本、矢量图件等;
- 项目实施前后不同时期调查和监测数据;
- 项目施工过程文件、图片;
- 种苗的林木/草种子生产经营许可证、植物检疫证书/产地检疫合格证、种子标签、种苗使用说明;
- 如遇自然灾害,应提供自然灾害情况说明及灾害前后对比图片、视频、数据等;
- 施工、监理、验收等相关报告;
- 管护制度及管护日志等。

11 长效维护与管理

依据修复成效的监测结果，对滨海湿地进行适应性维护管理，制定短期和长期的管理计划。

11.1 植被管护

11.1.1 根据工程所种植的植物生长习性，结合当地气候、土壤、水质等环境因素，合理制定植物长效管护方案与计划。

11.1.2 根据实际情况，定期清除新长出的互花米草。管护期内每年的5-6月和9月各清除1次；或者根据巡查监测情况，及时清除新萌生的互花米草植株，并清理缠绕在幼苗上的垃圾杂物、海藻等。

11.1.3 及时检查植株成活及倒伏情况，及时清理死亡或病害植株，当年成活率低于80%的应进行补植，对倒伏植株进行固定、扶正。

11.2 海滩管护

11.2.1 结合当地水文地质等环境因素，合理制定海滩长效管护方案与计划，海滩的管护应按照HY/T 255的相关规定执行。

11.2.2 定期巡查泥滩地，监测互花米草的复发情况。对于发现的新生互花米草，应立即除治。

11.2.3 采取必要的防冲措施，如设置潜堤或消浪堤等工程，确保海滩的稳定性。

附 录 A
(资料性附录)
监测一览表
前期调查评估指标表

表A.1给出了互花米草除治后生态修复区域前期调查指标表。

表A.1 前期调查指标表

编号	调查内容	调查指标
1	气候气象	光照、气温和降水、风力等一般气候气象参数及最冷月（最热月）平均气温、极端低温等极端气候值。
2	地形水文	潮汐特征、高程、潮沟分布、淹水时间等
3	土壤环境	滩涂底质类型，土壤结构和理化性质等
4	水环境	盐度及典型污染物等
5	动植物资源	底栖动物、土壤动物、本土植物等，周边未受扰动区海洋、陆地的相关资料
6	互花米草治理措施及成效	互花米草治理工程布局，项目实施后互花米草残留及复发情况
7	保护情况	地类、权属、保护形式、保护地名称、保护地级别、湿地分级、是否在生态保护红线或生态管控区域内，保护地及重要湿地的保护目标

附 录 B
(资料性附录)

表B.1给出了生态修复项目实施后监测一览表。

表B.1 监测一览表

序号	1	2	3	4	5	6
图斑号						
修复工程地点						
工程总面积 (亩)						
植物分布指标状况	植物覆盖面积 (亩)					
	植被覆盖度 (%)					
植物生长指标状况	密度 (株/m ²)					
	高度 (cm)					
	生物量 (g/m ²)					
土壤结构指标状况	粒径					
	容重					
土壤理化指标状况	含水量					
	速效氮磷钾					
	有机质					
	盐分					
	pH					
生物多样性指标状况	植物多样性指数					
	土壤动物多样性指数					
	底栖动物多样性指数					
栖息地质量指标状况	鸟类多样性指数					
	重点保护动物多样性指数					
	水域面积比例					
	光滩面积比例					
	水生植物覆盖面积比例					

检查人：

检查日期：

参考文献

- [1] GB/T 41339.1 海洋生态修复技术指南 第1部分：总则
- [2] DB11/T 1721 水生生物调查技术规范
- [3] NY/T 1121.2 土壤检测 第2部分：土壤 pH 的测定
- [4] NY/T 1121.6 土壤检测 第6部分：土壤有机质的测定
- [5] NY/T 1121.7 土壤检测 第7部分：土壤有效磷的测定
- [6] 海洋生态修复技术指南（试行）（自然资办函〔2021〕1214号）
- [7] 互米草治理区域生态修复技术指南（试行）（自然资办函〔2023〕2401号）
- [8] 互花米草综合防治技术指南（国家林业和草原局办公室，2024年4月22日）