

团 体 标 准

T/ XXXX—XXXX

抗污染红树林生态修复技术规程

Technical code of practice for anti-pollution mangrove ecological restoration

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国国际科技促进会 发布

目 次

| | |
|------------------|----|
| 前言 | II |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 4 生态修复原则 | 2 |
| 5 生态修复技术流程 | 2 |
| 6 种苗 | 3 |
| 7 整地造林 | 5 |
| 8 抚育管理 | 6 |
| 9 检查验收 | 7 |
| 10 档案及监测 | 8 |
| 参考文献 | 10 |

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。

本文件由中国科学院南海海洋研究所提出。

本文件由中国国际科技促进会归口。

本文件起草单位：中国科学院南海海洋研究所、广东湛江红树林国家级自然保护区管理局、温州市洞头区海洋与渔业发展研究中心、中国科学院大亚湾海洋生物综合实验站和广东大亚湾海洋生态系统国家科学野外观测研究站。

本文件主要起草人：王友绍、程 皓、孙翠慈、许方宏、李昌达、王玉图、费 姣、陈粤超、吴晓东、林广旋、吾娟佳。

抗污染红树林生态修复技术规程

1 范围

本文件规定了红树林抗污染生态修复的原则、近海滩涂红树林营造修复、退塘还林营造修复、现有红树林更新改造修复、管护、验收和监测评价等方面的技术要求。

本文件适用于红树林的生态修复与重建。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

3.2 红树林 mangroves

生长在热带、亚热带海岸潮间带，由红树植物为主体的常绿乔木或灌木组成的湿地木本植物群落。

3.3

3.4 红树林生态修复 mangrove ecological restoration

在生态学原理指导下，针对由于人类活动和自然变化导致生境的破坏和干扰，以生物修复为基础，通过适当人工辅助措施进行的地形、水系修复的作业过程。

3.5

3.6 红树林修复面积 mangrove restoration area

红树林种植面积达到修复、重建和更新去区面积一般60%或以上，整个项目区可计入红树林修复面积；如未达到该比例，修复面积为红树林种植面积除以60%。

3.7

3.8 潮间带 intertidal zones

受潮汐周期性浸淹的海滩。

注：红树林潮间带自陆相至海相之间可划分为高潮带、中潮带和低潮带，低潮线仅达红树林自然分布的外边缘，大约相当于分点潮高潮位。

3.9

耐污染等级 anti-pollution grades

根据红树植物抗污染性能划分三个等级：优良型、良好型和一般型。

3.10

3.11 造林规划 forestation planning

根据沿海防护林的建设要求，对县区或乡镇海滩红树林造林进行总体布局，分区建设，规定建设目标与进度安排，制定保障措施并开展综合评价。

3.12

3.13 作业设计 operation design

在造林规划的基础上，按照年度实施方案，以作业区（造林地段）为对象开展施工作业设计。作业设计内容包括造林小班技术措施、营林及配套基础设施、种苗生产供应规划、工程量、用工量测算、建设投资概算及资金来源、施工作业顺序与时间安排等内容。

3.14

3.15 整地 soil preparation

对拟造林的潮滩、废弃虾塘、低效林等实施除草、保水、抬高造林高程、除灌疏伐等措施，营造适宜新造幼林生长的条件。

3.16

3.17 抚育管理 tending management

对新造幼林实施施肥、补苗、除灌、防治有害生物、防止人畜危害等管理保护措施，促进幼林健康生长的全部经营活动。

3.18

3.19 次生林（低效林） secondary forest (inefficient forest)

在人为或自然干扰下处于次生演替阶段的灌木红树林，这类林分通常较为低矮、林相不佳、生态防护效能较低。

3.20

3.21 胚轴 seeds

胎生红树植物的繁殖体，介于种子和幼苗之间的发育阶段。繁殖体成熟时仍包被在果皮内的称为隐胎生，此类胚轴较小；繁殖体成熟时下胚轴突出果皮外的称为显胎生，此类胚轴较大，常用于插植造林。

4 生态修复原则

4.1 生态优先，整体保护

突出红树林生态与服务功能，全面加强保护，维护红树林生境连通性和生物多样性，对红树林生态系统角度实施整体保护。

4.2 尊重自然，科学修复

遵循红树林生态系统演替规律和内在机理，科学评估确定红树林适宜恢复区域，采用自然恢复为主和适度人工修复相结合的方式实施生态修复，以选用本地红树植物树种，禁止使用外来物种，避免使用大规模地形改造和客土。

4.3 因地制宜，有序推进

根据各个区域自然条件和土地使用现状，首先在红树林宜林地内开展修复，逐步扩大到其他适宜恢复和重建区域。

4.4 分级负责，长效管护

明确红树林保护修复责任，基于红树林生长特性及其生长环境，在红树林生态修复工程实施后，做好抚育管护、延长管护期限、加大管护力度，确保生态修复成效。

5 生态修复技术流程

5.1 新建造林技术流程见图 1。

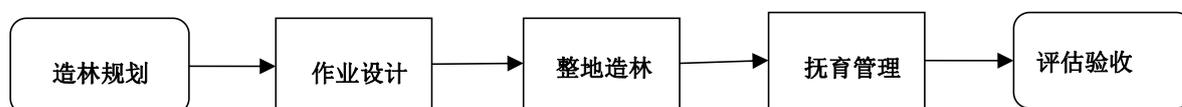


图 1 新建造林技术流程

5.2 修复造林技术流程见图 2。

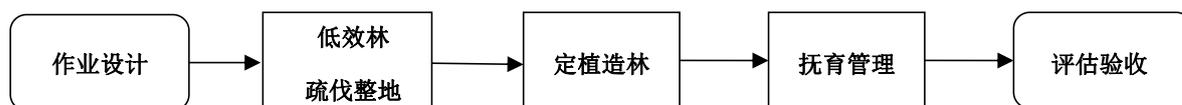


图 2 修复造林技术流程

5.3 特殊造林技术流程见图 3。

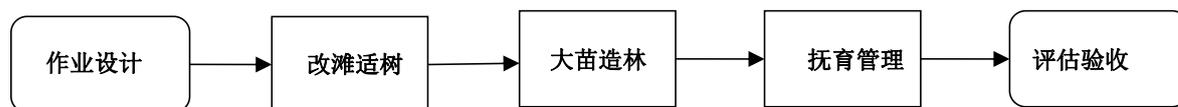


图3 特殊造林技术流程

6 种苗

6.1 种子繁育和苗木培育

种子和苗木是植物种群繁殖过程的重要材料，也是红树林造林的基础。人工采集红树植物种子或者胚轴，在特定地点培育红树植物苗木是种苗生产的两个重要过程。

6.2 采种

6.2.1 种子或胚轴采集和处理等

从红树林母树上采集种子或胚轴，在用于造林或育苗前要经过检验计数、贮藏、运输和处理等过程。

6.2.2 种子或胚轴检验、计数

种子或胚轴的检验包括形态品质和播种品质的检验。

形态品质检验：感官判断一批种子或胚轴的色泽和大小形状，以判定其成熟度。完全成熟种子占到90%以上的种子或胚轴批可作为合格的造林或育苗用种子或胚轴批。目前我国红树林造林可选用树种约27种，均为中国乡土物种（注：作为外来种无瓣海桑和拉关木除外，一般不建议作为修复物种），抗污染红树植物种可根据筛选而定，以据实验室条件下抗污染（无机氮、重金属）红树植物选取，例如，白骨壤、秋茄、桐花树等为优良型，木榄、红海榄等良好型，银叶树、角果木等为一般型，老鼠簕不适合作为抗污染物种，某些区域还要结合抗低温而定红树植物物种，一般选用秋茄、桐花树和白骨壤。乔木种类11种，可表现为乔木或者灌木的有7种，其余10种为灌木类型，见表1。

表1 中国红树林主要造林树种繁殖体特征及成熟期

| 序号 | 树种 | 性状 | 繁殖体 | 繁殖体特征 | 成熟季节 | 资料来源 |
|----|------|-----|-----|---------------------------------------|-------|------------------|
| 1 | 海莲 | 乔木 | 胚轴 | 胚轴纺锤形稍有棱褐绿色，长12~20cm | 8~9月 | 郑德璋 等, 1999 |
| 2 | 尖瓣海莲 | 乔木 | 胚轴 | 胚轴短粗具棱，比海莲胚轴长1/3 | 9~10月 | 野外考察 |
| 3 | 木榄 | 乔木 | 胚轴 | 胚轴纺锤形，墨绿色，稍有棱长15~25cm | 6~7月 | 林鹏, 1984 |
| 4 | 角果木 | 乔灌 | 胚轴 | 胚轴长15~35cm，有侧棱，青色 | 冬季 | 林鹏, 1984 |
| 5 | 秋茄 | 乔灌 | 胚轴 | 胚轴长15~28cm，红褐色 | 4~5月 | 林鹏, 1984 |
| 6 | 红树 | 乔灌 | 胚轴 | 胚轴长棒形，长15~40厘米 | 全年 | 中国植物志52(2): 127 |
| 7 | 红海榄 | 乔木 | 胚轴 | 胚轴棒状红褐色，有疣突，20~30cm | 8~9月 | 林鹏, 1984 |
| 8 | 白骨壤 | 灌木 | 隐胎生 | 果近球形直径2cm，黄绿色，胚轴包于果皮内 | 6~9月 | 林鹏, 1984 |
| 9 | 瓶花木 | 乔灌 | 种子 | 核果长8~11mm，具6~8条纵棱 | 8~12月 | 中国植物志, 7(11):368 |
| 10 | 银叶树 | 乔木 | 种子 | 果近椭圆形顶具脊翅，果皮木质化褐色。种子乳黄色至粉红色，径15~30mm。 | 9~10月 | 林鹏, 1984 |
| 11 | 海芒果 | 乔木 | 种子 | 核果卵形，熟时红色，干时黑色，直径4~6cm | 11~1月 | 林鹏, 1984 |
| 12 | 桐花树 | 灌木 | 隐胎生 | 果实长4~5cm，弯月形淡黄色胚轴包于果皮内 | 5~9月 | 林鹏, 1984 |
| 13 | 老鼠簕 | 亚灌木 | 隐胎生 | 蒴果长1.5cm，4枚肾形隐胚轴淡黄色 | 4~7月 | 林鹏, 1984 |
| 14 | 黄槿 | 乔灌木 | 种子 | 蒴果卵圆形，长25cm，果皮骨质，5瓣裂，种子多数 | 8~9月 | 林鹏, 1984 |
| 15 | 杨叶肖槿 | 乔灌木 | 种子 | 蒴果球形萼宿存，直径2~3cm，熟时黑色，种子三角卵形 | 9~10月 | 林鹏, 1984 |
| 16 | 玉蕊 | 乔木 | 种子 | 果卵形，长5~6cm，熟时淡红色 | | 林鹏, 1984 |
| 17 | 水椰 | 乔灌 | 种子 | 果球形皮光滑，中果皮纤维，种子阔卵形 | 10月 | 中国植物志, 13(1):149 |

| 序号 | 树种 | 性状 | 繁殖体 | 繁殖体特征 | 成熟季节 | 资料来源 |
|----|------|----|-----|-------------------------------------|-------|-----------------|
| 18 | 海漆 | 乔木 | 种子 | 蒴果球形黑色,每果2粒种子直径4mm | 7~8月 | 林鹏,1984 |
| 19 | 榄李 | 乔灌 | 种子 | 卵形果褐色,长2cm,种子棕色园柱形 | 12~3月 | 中国植物志,53(1):014 |
| 20 | 红榄李 | 乔木 | 种子 | 果纺锤形,长1.6~2cm,黑褐色,具纵纹 | 6~8月 | 中国植物志 |
| 21 | 木果楝 | 乔灌 | 种子 | 蒴果直径10~12cm有种子8~12粒 | 4~11月 | 中国植物志,43(3):103 |
| 22 | 水芫花 | 灌木 | 种子 | 蒴果倒卵形,几全部被宿存萼管包围;种子多数,红色,有棱角 | | 中国植物志 |
| 23 | 海桑 | 乔木 | 种子 | 浆果球形,基部为宿存的萼片所包围,成熟时褐色,直径3~5cm。 | 7~8月 | 中国植物志,52(2):113 |
| 24 | 杯萼海桑 | 乔木 | 种子 | 果实直径3~4cm,长2~2.5cm | 秋冬 | 中国植物志 |
| 25 | 大叶海桑 | 乔木 | 种子 | 大叶海桑叶片颜色较浅,叶片长略大于宽,呈卵形;种子基本与海南海桑相似, | 8~9月 | |
| 26 | 海南海桑 | 乔木 | 种子 | 浆果扁球形,直径5~6cm,种子极多数细小 | 8~9月 | 中国植物志,52(2):113 |
| 27 | 露兜树 | 乔灌 | 种子 | 40~80个核果束组成聚花果,长达17cm,径15cm,熟时桔红色 | | 中国植物志 |

播种品质检验:采用徒手四分抽样法取样,对种子或胚轴样的净度、优良度、重量、发芽能力进行检验,检验程序按国颁林木种子检验规程执行。

种子或胚轴计数:随机抽样数个样品称重计数,按样品重量推算种子批或胚轴批的个数。抽样样品总重量由具体的种子或胚轴的个体大小与批量大小决定,一般情况下应占待检种子或胚轴总重量0.5~3%。

6.2.3 种子或胚轴的贮藏

红树植物种子或胚轴一般宜用湿藏,种子类可用沙藏或水藏,贮藏期不应超过1.0a;胚轴类的贮藏宜在低温、保湿和通风的环境中,贮藏期可在10~20d内,延期贮藏应采用假植法保存。

6.2.4 种子或胚轴的运输

具备保湿、通风或者冷藏条件的运输工具均可用于红树植物种子或胚轴的运输,种子或胚轴在运输过程中应避免暴晒、重压和密闭环境。

6.2.5 种子或胚轴的处理

红树植物种子或胚轴用于造林或育苗前需要进行消毒和促进发芽的预处理。消毒处理主要是针对种子或胚轴可能附带的害虫、真菌及其它有害生物用化学药剂进行毒杀,防止附带有生物的危害。对部分种子或胚轴的催芽处理可以促进出芽成苗,闭果类种实(如银叶树等)需进行脱壳处理(剥壳去皮)才易发芽出苗。

6.3 育苗

6.3.1 苗圃

红树林苗圃根据使用时间长短可分为固定苗圃和临时苗圃两种,临时苗圃是针对某一项造林任务而设立的苗圃,一般在造林及补植工作结束后便消失。固定苗圃是长期使用的综合性苗圃,地点相对固定,资金投入和生产规模都比较大,能大批量生产各种优质苗木。

无论何种苗圃,选址时都要充分考虑苗圃的经营条件和自然条件,经营条件关键是交通条件和管理条件,基本要求是陆路和水路交通方便,苗圃与造林地点、种源地的距离要适宜。自然条件要求苗圃必需设立在海边以满足红树植物所需求的潮滩和潮汐条件。

当前红树林育苗主要是容器苗,育苗袋可用10cm×20cm的规格,人工营养土为潮滩盐土(壤质)+肥料,每袋营养土建议混施20g复合肥。

苗圃育苗要求作畦起垄,垄宽0.8~1.2m,或者10~20个育苗袋,垄长由地形决定,垄沟(步道)0.5m左右。在潮汐强烈的海滩,垄边需用木板条框定分格。

红树林苗圃的管护工作好坏对苗木生长发育有着重要的影响，管护工作包括防止人畜为害、防治清除海洋污损动物和病虫害，适当施肥，促进苗木健康成长。

6.3.2 苗木调查

6.3.2.1 苗木是苗圃的最终产品，通过苗木调查可以评估苗木产量和质量。

6.3.2.2 苗木产量调查采用以下计算方式：

以垄长×垄宽计算各垄育苗袋数，各垄育苗袋数之和即为苗圃总育苗量。

合格苗产量=苗圃总育苗量×出苗率×合格苗率。

6.3.2.3 苗木的分级方法，常用的经验分级：大于基径、苗高均值的为Ⅰ级；两项指标均值至当地用苗最低标准的为Ⅱ级，其余为Ⅲ级苗。

7 整地造林

7.1 整地

新建造林是在宜林裸滩上开展的造林活动，重建造林是在无林的宜林潮滩上营造红树林，一般宜林潮滩无需整地。如果潮滩上生长有高大茂密的盐沼植物如米草等，影响到红树林幼苗生长，则需要造林前进行刈割或者挖除，带状刈割规格为带宽1-2m。对于小潮期间容易“干旱”的潮滩，应采用挖穴促淤方法整地，即在造林前3-6月先挖30cm×30cm×30cm的穴洞积淤蓄水后再插植造林。

修复造林即是对退化次生红树林通过疏伐后引种乔木树种，以把低生产力和低防护效益的单层灌木林改造成为复层林。整地方式有块状疏伐和带状疏伐，块状疏伐规格可以选择5m×5m-10m×10m，小块间伐被认为效果较佳。带状疏伐是按造林株行距规格要求实施，行距通常为2-3m，疏伐带宽约1m，疏伐带宽以满足幼树1-2年内的生长空间同时不超过行距50%为宜。

特殊造林包括在废弃虾塘、海堤外滩涂等特殊生境中造林。这类生境因为下垫面潮滩较低，不适宜红树林的生长。在废弃虾塘中造林需要实施下垫面的淤高工程和潮水进出调控工程，也就是通过方式局部堆高塘底，修缮虾塘进出水口，调控塘内的海水浸淹高程。海堤外的护堤林也要挖掘作垄局部抬高潮滩至适宜红树林生长的高度（通常为当地平均海面高程），同时还要在人工林地外堆建防浪矮堤消减波浪能。

7.2 造林定植

7.2.1 插植胚轴造林

将胚轴（胎生苗）直接栽入土壤基质，插入深度约为胚轴长度的1/3—1/2，过深则胚轴易发霉烂掉，过浅则易被海浪冲走。此法成本低，简单易行，适用于显胎生种类的造林方法，在新建造林、修复造林中常采用。

7.2.2 容器苗造林

用育苗袋在潮滩苗圃进行人工育苗，培育出相应规格的容器苗进行定植造林。此法技术要求较高，但造林质量较有保证，特别适合小型胚轴种类及特殊生境的造林。

7.2.3 天然苗造林

直接从红树林群落中挖取天然苗来造林的方式。由于天然苗根系裸露，在挖苗和植苗时均容易伤根，造林成活率很低，且挖取幼苗对原群落的发展有负面影响。

7.2.4 林带走向与结构

根据历年气象资料，总结造林地段的台风海浪运动方向，林带走向应与台风海浪运动方向垂直或接近垂直，才能发挥好的防浪功能。林带结构因林带的宽度、密度、树林的组成和层次不同而有差异，作为防浪护岸林，要求红树林带覆盖度大于40%，宽度达到100m-150m，林分高度达到2.5m（小潮差区）或4m（大潮差区）以上，才能产生较好的消浪效果。

7.3 造林树种配置

造林树种配置包括选树适地和混交造林的树种搭配两个方面。

红树植物种群在潮间带滩涂上占据不同的位置，形成大体与海岸平行的带状分布的生态系列，这是红树植物种群长期对潮滩环境适应的结果。人工营造红树林时应根据红树植物种群所占据的生态位特征和宽度，依照群落演替规律，合理安排种群配置。各树种对海水盐度适宜能力不一样，秋茄的适宜海水盐度为7.5-21.2，海桑种子发芽需要海水盐度 < 10 ，其它树种的最适宜盐度是老鼠簕、红海榄、木果楝为8，角果木为0-15，桐花树、红树为8-15，白骨壤为0-30。

红树、海桑、拟海桑、大叶海桑、木榄等一般生长于淤泥深厚的潮滩；白骨壤、杯萼海桑、角果木、榄李、卤蕨、老鼠簕等在沙质土壤上也能生长；海莲、海漆、银叶树能生长在坚实的泥质土或泥沙质土高潮滩；秋茄和海桑属各种能生长于稀烂深厚的淤泥潮滩；桐花树适应土壤能力强、分布广；白骨壤、桐花树、杯萼海桑、银叶树等对土壤养分需求不高；木榄、海莲、海漆等要求肥沃的潮滩等，见表2。

表2 造林树种与潮滩配置

| 造林区 | 高潮滩 | 中潮滩 | 低潮滩 |
|----------------|---|--------------------|-----------------|
| 热带区（海南、雷州半岛） | 海莲、木榄、角果木、黄槿、水黄皮、杨叶肖槿、海漆、木果楝、银叶树、榄李、水椰、玉蕊、红榄李 | 红海榄、正红树、秋茄、瓶花木、海桑属 | 白骨壤、桐花树、老鼠簕、海桑属 |
| 泛热带区（广西、粤西、台湾） | 木榄、角果木、黄槿、水黄皮、杨叶肖槿、海漆、银叶树、榄李 | 红海榄、秋茄 | 白骨壤、桐花树、老鼠簕 |
| 南亚热带区（粤东、福建） | 木榄、黄槿、水黄皮、杨叶肖槿、海漆 | 秋茄、老鼠簕 | 桐花树 |
| 北扩区（浙江） | 黄槿 | 秋茄 | |

营建混交林或者进行次生林改造的树种搭配必须考虑植物之间的生态关系。已知秋茄对木榄胚轴萌根有抑制作用，无瓣海桑与秋茄、木榄混交可行成复层混交林，但不宜与红海榄混交。用红海榄对近岸白骨壤群落的改造可取得较好效果。

针对污染较为严重或相对严重的区域应造林树种与潮滩配置应作相应的调整（表3），尤其风浪较大的区域高、中、低潮间带应适当增加抗风浪物种（如，雷州半岛东侧海域）。

表3 造林树种与潮滩配置

| 造林区 | 高潮滩 | 中潮滩 | 低潮滩 |
|----------------|-----------------------|--------|-------------|
| 热带区（海南、雷州半岛） | 木榄、黄槿、水黄皮、海漆等 | 秋茄、海桑属 | 白骨壤、桐花树、老鼠簕 |
| 泛热带区（广西、粤西、台湾） | 木榄、黄槿、水黄皮、杨叶肖槿、海漆、银叶树 | 秋茄 | 白骨壤、桐花树、老鼠簕 |
| 南亚热带区（粤东、福建） | 木榄、黄槿、水黄皮、海漆等 | 秋茄、老鼠簕 | 桐花树 |
| 北扩区（浙江） | 黄槿 | 秋茄 | |

7.4 造林密度

新建造林以及灌木种类的造林密度要求较高，一些试验研究的造林密度更高。如桐花树造林的株行距可为 $0.6\text{m} \times 0.6\text{m}$ - $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ ，生长缓慢的亚乔木或者大型灌木也适宜高密度造林。

特殊造林或灌木种类的造林要求较高密度适当密植，株行距从 $0.5 \times 0.5\text{m}$ - $1 \times 1\text{m}$ 。主要造林种类初植密度见表4。

次生林改造（修复造林）或速生乔木种类可适当疏植，株行距从 $1\text{m} \times 1\text{m}$ - $2\text{m} \times 3\text{m}$ 。

表4 红树林造林参考密度

| 树种 | 造林方法 | 新建造林 | | 修复造林 | | 特殊造林 | |
|-----|------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|------------------|
| | | 株行距 $\text{m} \times \text{m}$ | 株/ hm^2 | 株行距 $\text{m} \times \text{m}$ | 株/ hm^2 | 株行距 $\text{m} \times \text{m}$ | 株/ hm^2 |
| 乔木类 | 植苗造林 | $1 \times 1 \sim 2$ | 1000~2000 | $1 \times 2 \sim 3$ | 3333~5000 | $1 \times 1 \sim 2$ | 1000~2000 |
| | 胚轴造林 | $0.5 \sim 1 \times 0.5 \sim 1$ | 10000~40000 | $1 \times 1 \sim 2$ | 5000~10000 | $0.5 \sim 1 \times 0.5 \sim 1$ | 10000~40000 |
| 灌木类 | 植苗造林 | $0.5 \sim 1 \times 0.5 \sim 1$ | 10000~40000 | $1 \times 1 \sim 2$ | 5000~10000 | $0.5 \sim 1 \times 0.5 \sim 1$ | 10000~40000 |
| | 胚轴造林 | 0.5×0.5 | 40000 | $0.5 \times 0.5 \sim 1$ | 20000~40000 | 0.5×0.5 | 40000 |

8 抚育管理

8.1 幼林抚育

红树林幼林抚育指在造林后至郁闭前这一阶段进行的各种技术措施。幼林抚育的根本任务在于创造优越的环境条件，满足幼树对肥、气、光、热的要求，使之迅速成长，达到较高的成活率的保存率并适时郁闭，主要措施包括施肥、补植和防治敌害生物。

施肥措施促进红树林的生长。春夏季节红树林幼树生长较快的时期，这一时期的追肥效果明显。施肥方法是在幼树两侧约20cm各挖20cm深的小沟埋施肥料（化肥+黄泥），每株可施用50-200g混合肥，或者25g氮肥。

修复造林中对原群落进行修枝间伐，经过一定时期后原群落的新生枝条有可能又占据目标幼林的生长空间，需要进行修枝除灌抚育。在互花米草或者其它盐沼植被滩上进行的新建造林，当盐沼植物影响到幼树生长时也需要进行除草抚育。有时候为了提高造林成效而进行丛植造林，当一造林穴存活株数过多时也会影响幼苗生长，此时需要进行间苗抚育，即将较为弱小幼苗移栽他处，留下1-2株健壮幼苗。

补植是在造林未成林期间（郁闭度 <0.2 ），当幼林成活率为造林设计株数的30-60%时，在原造林地进行的补充造林，补植是红树林造林中最为普遍的技术措施之一。补植可用造林时在临时苗圃培育的容器苗，也可用当期成熟胚轴。补植树种可用原造林用的树种，也可以用其它树种，用不同的树种进行补植可建成混交林。

昆虫、真菌、螃蟹、污损动物等生物危害是导致红树林造林失败的重要因素，必需加强防治。滕壶常大量固着在人工红树林植株上引起幼苗生长衰退而死亡，滕壶危害严重时可用油漆+低毒农药涂抹茎枝进行防治，也可以通过营林措施（群状配置造林）来减轻附着生物的危害。秋茄、海桑等树种茎部有脱皮现象，可以减轻滕壶的附着危害。

8.2 红树林管护

加强红树林资源及人工幼林的管护，可采用封禁管护、重点管护和一般管护等三种管护方式。红树林的管护要求责任到人，配备设施完善，管护手段先进。主要的管理保护工作是防止人畜践踏幼林和盗伐红树林。

9 检查验收

9.1 检查验收的依据

检查验收的依据包括以下内容：

- a) 造林施工监理报告；
- b) 造林作业设计文件；
- c) 其它相关技术资料（调查规划、自查评估、生长监测等资料）。

9.2 检查方法与指标

9.2.1 面积认定与核实

对人工造林施工面积，根据作业设计表格、图面资料，采用GPS实地测量合格面积，或利用无人机航拍，结合地面调查，绘制红树林修复项目区现状矢量图，确定新造林项目区红树植物面积。面积检查结果误差在 $\pm 10\%$ 以内的，认可原面积；面积误差 $>\pm 10\%$ 的，以检查面积为准。

9.2.2 种苗质量检查

采用胚轴或者人工幼苗造林时，种子和苗木质量应达到合格以上质量标准，对检查验收小班可结合施工记录、苗木合格证书、成活率调查等相关内容，进行种子和苗木标准执行情况的质量检查。

9.2.3 造林质量检查

9.2.3.1 造林成活率及保存率

造林经过一个生长期后的主要成效指标之一，保存率是造林满三年后的主要成效指标之一，这两个指标都是造林质量的评价指标，均可通过设置样地、样带或样行的方法进行计算。

造林成活率划分为I、II、III三个等级，I级为达标，II、III级均属不达标，属不合格小班。其中造林成活率I级为 $\geq 60\%$ ，II级为30-60%，III级为 $\leq 30\%$ 。成活率II级需要补植，III级需要进行重造。

9.2.3.2 幼林生长状况

造林树种在各个时期的生长状况，定期（1年）进行成活率和生长量的监测调查，评估确定幼树（苗）的生长等级，用于造林成效的生长质量评价。

9.2.3.3 样地（带、行）设置

采用随机或机械抽样，设置样地、样带或样行，调查植穴内苗木的成活（保存）及生长情况。

样地（带、行）调查面积比例为：当作业地块面积在 10hm^2 以下时，调查面积不少于造林面积的3%；作业地块面积在 $10\text{--}30\text{hm}^2$ 时，调查面积不少于造林面积的2%，且不低于 0.2hm^2 ；作业地块面积在 30hm^2 以上时，调查面积不少于造林面积的1%，且不低于 0.3hm^2 。

9.2.3.4 计数

在样地（带、行）内，计数人工造林总株数（包括死亡植株）和成活（保存）株数，以此计算成活率或保存率。计数时，每植穴中造林株数或成活（保存）株数多于1株时，均按1株计算。濒死或无望成活的苗木，按死亡植株计数。

对于难以到达的区域可借助无人机开展样方调查等。

9.3 验收报告

红树林造林检查验收工作由具备资质的独立机构承担，验收调查工作完成后应于30个工作日内向委托单位提交验收报告。

验收报告内容包括验收的依据、检查方法与指标、验收结果评价等。

10 档案及监测

10.1 建档内容及主体

红树林造林档案是红树林营建、培育、经营等各个时期的历史记录和资料数据库，是了解掌握各时期基本情况，制定措施，分析建设成效，监测和评价建设效果和预测动态变化趋势的基本依据。

建档内容包括技术档案、财务档案、物资档案、制度法规档案和权益档案。

造林工程实施单位是建档主体，应建立相应的档案室，集中管理相关活动的各种档案资料。

10.2 档案类别

10.2.1 技术档案

包括红树林造林所有技术活动文件与资料，即立项、可行性研究、施工作业设计、施工监理、检查验收、科研活动、抚育管理、调查与监测等方面的文字、统计报表、原始调查表卡和图件，以及相关的技术标准和规程规范等。

10.2.2 财务档案

包括红树林造林建设各项经济投入与支出、补偿与收益，按财务管理有关规定管理档案。

10.2.3 物资档案

包括工程实施与经营各时期物资采购、发放、回收，以及使用情况。

10.2.4 制度法规档案

包括红树林建设相关的政策、法规、办法、制度、总结、宣传、往来批文等文书档案。

10.3 生态监测与评价

实施造林后应逐步建立并完善监测和评价体系，做好年度监测工作，开展阶段性造林成效的评价。生态监测可在生态修复项目完成3年后开始，监测频率为植物群落1次/年，鸟类至少1次/年（候鸟越冬季节），底栖动物2-3次/年，沉积物1次/年。

红树林造林监测主要内容包括造林质量指标监测、群落动态和环境动态等，具体见表5。

红树植物群落：包括红树植物群落面积、群落特征、外来植物、有害生物等变化情况。

鸟类：红树林区域涉禽类组成和数量。

大型底栖动物：红树林区域大型底栖动物种类和密度。

沉积环境：红树林区域氧化还原电位、沉积速率和沉积物有机碳含量。

表 5 红树林生态修复综合评价指标

| 评价目标 | 指标权重 | 评分标准 | 赋分 | 得分 | |
|--|-----------------|-----------------------|-----------------------|----|--|
| 综合评价 (100分) | 植物群落 (40) | 修复合格面积比例 (20分) | 郁闭成林占项目区面积比例60%以上 | 20 | |
| | | | 郁闭成林占项目区面积比例50~60% | 15 | |
| | | | 郁闭成林占项目区面积比例40~50% | 10 | |
| | | | 郁闭成林占项目区面积比例40%以下 | 5 | |
| | | 树种组成 (10分) | 与该区域红树林树种组成历史背景值基本一致 | 10 | |
| | | | 与该区域红树林树种组成历史背景值差距较大 | 5 | |
| | 外来红树植物为主 | | 0 | | |
| | 有害生物 (10) | 无有害生物威胁 | 10 | | |
| | | 有害生物危害比例小于20% | 5 | | |
| | | 有害生物危害面积超过20% | 0 | | |
| | 动物 (40) | 鸟类多度和丰度 (20) | 对比工程施工前数据, 多度和丰度显著增加 | 20 | |
| | | | 工程施工前后差异不大 | 10 | |
| | | | 对比工程施工前数据, 多度和丰度明显减少 | 0 | |
| | | 大型底栖动物物种 数和密度 (20) | 对比工程施工前数据, 物种数和密度显著增加 | 20 | |
| | | | 工程施工前后差异不大 | 10 | |
| | | | 对比工程施工前数据, 物种数和密度明显减少 | 0 | |
| 沉积环境 (20) | 沉积速率 (10) | 沉积过程明显, 沉积物显著增加 | 10 | | |
| | | 无明显变化 | 5 | | |
| | | 侵蚀过程明显, 沉积物显著减少 | 0 | | |
| | 土壤有机碳密度 (10) | 土壤有机碳密度逐年增加 | 10 | | |
| | | 土壤有机碳密度不变 | 5 | | |
| | | 土壤有机碳密度降低 | 0 | | |
| 85~100分为优, 70~84分为良, 60~69为合格, 60分以下为不合格 | | | | | |

参 考 文 献

- [1] GB 3097海水水质标准
 - [2] GB 12763.6 海洋调查规范 第6部分：海洋生物调查
 - [3] GB/T 15776 造林技术规程
 - [4] GB 17378.5 海洋监测规范 第5部分：沉积物分析
 - [5] HJ 495 水质 采样方案设计技术规定
 - [6] HY/T 081 红树林生态监测技术规程
 - [7] HY/T 214 红树林植被恢复技术指南
 - [8] LY/T 1938 红树林建设技术规程
 - [9] LY/T 2853 红树林主要食叶害虫防治技术规程
 - [10] 郑德璋, 廖宝文, 郑松发. 红树林主要树种造林与经营技术研究. 北京: 科学出版社, 1999
 - [11] 林鹏. 我国药用的红树植物. 海洋药物, 1984(4): 45-51
 - [12] 王友绍 主编. 红树林生态系统评价与修复技术, 北京: 科学出版社, 2013
 - [13] 王友绍 著. 红树林分子生态学, 北京: 科学出版社, 2019
-