

前海深港合作区滨海休闲带前湾片区 红树林生态修复项目方案

深圳市前海建设投资控股集团有限公司

深圳市红树林生态研究中心有限公司

2022 年 10 月

前海深港合作区滨海休闲带前湾片区 红树林生态修复项目方案

委托单位：深圳市前海建设投资控股集团有限公司

编制单位：深圳市红树林生态研究中心有限公司

项目方案编制负责人：李燊

红树林植被调查：李燊

唐佳梦

黄兰英

红树林生态修复方案：李燊

符益鹏

目 录

前 言	3
一、项目概况	5
二、项目实施依据	6
(一)、相关政策、法规、行业标准	6
1、国家有关的法律、法规、政策	6
2、地方法规、政策	6
3、行业规定、标准	6
(二)、相关法律、政策支撑	6
1、《中华人民共和国湿地保护法》	6
2、《中华人民共和国生物安全法》	7
3、《红树林保护修复专项行动计划（2020-2025 年）》	7
4、《广东省红树林保护修复专项行动计划实施方案》	7
5、《广东省人民政府办公厅关于科学绿化的实施意见》	8
6、《外来入侵物种管理办法》	8
7、《红树林生态修复手册》	9
8、《全国湿地保护规划（2022—2030 年）》	9
9、《二十大报告》	10
10、小结	10
三、项目区域红树林调查	11
1、桂湾公园	11
2、前海石公园	15
3、规划金岸中街以西区域	18
4、基本结论	21
四、无瓣海桑研究	22
1、无瓣海桑对本土红树林湿地有入侵性	22
2、无瓣海桑的更新符合红树林生态修复的需要	24

五、拉关木研究	25
1、拉关木的植物学特征	25
2、拉关木的分布特征及引种现状	26
3、拉关木的生态学特征及入侵潜力	28
六、红树林生态修复设计	31
1、技术路线与原则	31
2、红树林本底调查	31
3、问题诊断	32
4、修复目标	32
5、生态修复类型	32
6、实施方案	33
7、修复效果评估和适应性管理	40
七、项目预算	41
八、公众舆情调查	错误！未定义书签。
2.1 舆情调查范围	错误！未定义书签。
2.2 舆情调查方法	错误！未定义书签。
2.3 纸质问卷调查结果与统计	错误！未定义书签。
2.4 舆情调查结果分析	错误！未定义书签。
2.5 舆情走势预测	错误！未定义书签。
2.6 舆情引导建议	错误！未定义书签。

前 言

红树林是热带、亚热带海岸带海陆交错区生产能力最高的海洋生态系统之一，在净化海水、防风消浪、维持生物多样性、固碳储碳等方面发挥着极为重要的作用。党的十八大以来，在习近平生态文明思想指导下，我国大力推进红树林保护和修复，成为世界上少数红树林面积净增加的国家之一，但红树林生态系统仍然面临着生境退化、生物多样性降低等突出问题。

前海深港现代服务业合作区（简称：前海合作区），总面积 120.56 平方公里。开发建设前海深港现代服务业合作区是支持香港经济社会发展、提升粤港澳合作水平、构建对外开放新格局的重要举措，对推进粤港澳大湾区建设、支持深圳建设中国特色社会主义先行示范区、增强香港同胞对祖国的向心力具有重要意义。《前海深港现代服务业合作区综合规划》明确了前海“活力水城”的发展理念，以“人本水城”为意象，用水赋予城市滨水个性，提出了前海“三区两带”的城市规划结构，两带包括滨海休闲带和综合功能发展带。红树是深圳第二市树，红树林湿地是前海深港合作区滨海休闲带重要的生态类型。

滨海休闲带的前湾片区目前包括已建成的桂湾公园、前海石公园和规划的金岸中街以西区域。桂湾公园由深圳市前海建设投资控股集团规划建设并于 2022 年 4 月交付使用，桂湾公园灵活利用桂湾渠在前海湾的滨海水文和生态景观特点，利用红树植物在前海区域的生态适应性，基于自然的生态修复红树林湿地，坚持生态性、景观性和经济性原则，营造生物多样性的湿地生境。修复后的桂湾公园再现了近 4 公里的自然潮间带岸线，拥有海水湿地 57400 平方米，其中红树林湿地 45000 平方米，其余 20% 的空白区域作为光滩涂和浅水区域的比例，构建了林地、潮沟、裸滩和浅水区等生境，为各类生物提供多样化的栖息环境。

2021 年 8 月，自然资源部办公厅发布《红树林生态修复手册》，指出适宜性管理是一个红树林生态修复项目成功的关键，生态修复不是一蹴而就，是需要三五年甚至更长时间的监测管理来实现生态修复的目标，要根据监测和修复效果的评估，识别对生态系统恢复造成不利影响的指标，进行相应调整修正。根据最新的调查，桂湾公园有真红树植物共计 5 科 8 属 10 种，其中无瓣海桑和拉关木是外来种（分别从孟加拉和墨西哥引进），但无瓣海桑、拉关木并不是桂湾公园

规划建设所种植的，为周边种源自然扩散或外来苗圃苗木携带，目前无瓣海桑的数量达 301 株，拉关木 2 株，具有明显的对乡土红树的入侵现象。前海石公园有无瓣海桑 18 株，为前海填海陆域形成后其他区域无瓣海桑种源扩散至此生长，前海石公园的无瓣海桑平均高度约 8 米，胸径达 18.7 厘米，处于盛果期已经成为前湾片区无瓣海桑的主要种源。规划金岸中街以西区域有无瓣海桑 16 棵。初步判定，前海深港合作区滨海休闲带前湾片区的无瓣海桑和拉关木已呈扩散态势，对于已修复的乡土红树存在外来红树入侵的威胁。

外来物种入侵防控是一项系统工程。农业农村部、自然资源部、生态环境部、海关总署于 2022 年 4 月 22 日联合发布的《外来入侵物种管理办法》，将于今年 8 月 1 日起施行。提出在综合考虑外来入侵物种种类、危害对象、危害程度、扩散趋势等因素的基础上，制订本行政区域外来入侵物种防控治理方案，并组织实施，及时控制或消除危害。

无瓣海桑和拉关木不仅进入到乡土红树的群落中，还快速的占领潮沟、裸滩和浅水区，制约生物多样性的恢复，未来将对水生生物和乡土红树林植被造成负面影响，这与桂湾公园的生态修复目标严重不符。为维护、提升前海深港合作区滨海休闲带前湾片区红树林湿地的生态功能，根据《外来入侵物种管理办法》、《红树林保护修复专项行动计划（2020-2025 年）》、《广东省红树林保护修复专项行动计划实施方案》、《广东省人民政府办公厅关于科学绿化的实施意见》、《红树林生态修复手册》、《全国湿地保护规划（2022—2030 年）》等文件的指示及精神，需对前湾片区的外来红树无瓣海桑、拉关木进行清理和恢复乡土树种。

因此深圳市前海建设投资控股集团将启动“前海深港合作区滨海休闲带前湾片区红树林生态修复项目”，对前湾片区的无瓣海桑、拉关木进行清理，消除对红树林生态系统恢复不利的威胁，巩固桂湾公园生态修复的成果，提升前海片区滨海湿地的生态功能。

一、项目概况

1.1 项目名称

前海深港合作区滨海休闲带前湾片区红树林生态修复项目（以下简称“本项目”）

1.2 项目建设单位

深圳市前海建设投资控股集团

1.3 项目设计实施单位

深圳市红树林生态研究中心有限公司

1.4 项目定位

本项目旨在通过治理前海滨海休闲带前湾片区（桂湾公园、前海石公园和规划的金岸中街以西区域）的外来红树植物（无瓣海桑和拉关木），消除其对前湾片区特别是桂湾公园本土红树的影响，限制其对前海湾潮沟、裸滩和浅水区的侵占，提升前海湾滨海湿地的生态功能。

1.5 项目修复目标

本项目通过物理采伐的方式治理外来红树植物，清理 335 株无瓣海桑和 2 株拉关木，移植秋茄 7 株；修复红树林湿地面积约 5500 平方米，其中桂湾公园约 5000 平方米、前海石公园 100 平方米和规划金岸中街以西区域 400 平方米；在桂湾公园种植本土红树 500 株，修复面积约 125 平方米。

1.5 项目资金

本项目总预算 24.9 万元。

二、项目实施依据

（一）、相关政策、法规、行业标准

1、国家有关的法律、法规、政策

《中华人民共和国湿地保护法》（2022 年 6 月）；
《中华人民共和国生物安全法》（2020 年 10 月）；
《红树林保护修复专项行动计划（2020-2025 年）》（2021 年 10 月）；
《全国湿地保护规划（2022—2030 年）》（2022 年 10 月）。

2、地方法规、政策

《广东省湿地保护条例》（2021 年 1 月）；
《广东省红树林保护修复专项行动计划实施方案》（2021 年 3 月）；
《广东省人民政府办公厅关于科学绿化的实施意见》（粤府办〔2021〕48 号）。

3、行业规定、标准

《红树林植被恢复技术指南》（HY/T 214-2017）；
《红树林建设技术规程》（LY/T 1938-2011）；
《红树林造林技术规程》（DB44/T 284-2005）；
《红树林生态修复手册》（自然资源部办公厅 2021 年 8 月）；
《广东省红树林生态修复技术指南》（2022 年 4 月）。

（二）、相关法律、政策支撑

1、《中华人民共和国湿地保护法》

第三十条 禁止向湿地引进和放生外来物种，确需引进的应当进行科学评估，并依法取得批准。

第三十四条 红树林湿地所在地县级以上地方人民政府应当组织编制红树林湿地保护专项规划，采取有效措施保护红树林湿地。

第四十条 红树林湿地所在地县级以上地方人民政府应当对生态功能重

要区域、海洋灾害风险等级较高地区、濒危物种保护区域或者造林条件较好地区的红树林湿地优先实施修复，对严重退化的红树林湿地进行抢救性修复，修复应当尽量采用本地树种。

第五十五条 违反本法规定，向湿地引进或者放生外来物种的，依照《中华人民共和国生物安全法》等有关法律法规的规定处理、处罚。

2、《中华人民共和国生物安全法》

第六十条 国家加强对外来物种入侵的防范和应对，保护生物多样性。国务院农业农村主管部门会同国务院其他有关部门制定外来入侵物种名录和管理办法。

国务院有关部门根据职责分工，加强对外来入侵物种的调查、监测、预警、控制、评估、清除以及生态修复等工作。

任何单位和个人未经批准，不得擅自引进、释放或者丢弃外来物种。

3、《红树林保护修复专项行动计划（2020-2025 年）》

2017 年 4 月 19 日，习近平总书记在广西北海金海湾红树林考察时，指示“一定要尊重科学、落实责任，把红树林保护好”。2020 年 8 月，国家自然资源部、国家林草局发布了《红树林保护修复专项行动计划（2020-2025 年）》（以下简称《行动计划》），明确了中国未来 5 年红树林保护修复的基本原则、行动目标、重点行动和保障措施。一系列措施，可以看出国家对红树林湿地保护和恢复的重视程度，要让红树林湿地保护和恢复走上更快、更加科学、更加合理的道路。

修复现有红树林。统筹开展现有红树林生态系统中林地、潮沟、林外光滩、浅水水域等区域的修复，特别是对人工纯林、有害生物入侵、生境退化的红树林等进行抚育，采取树种改造、有害生物清除、潮沟和光滩修复等措施，对红树林生态系统进行修复，提高生物多样性。

4、《广东省红树林保护修复专项行动计划实施方案》

为贯彻落实习近平总书记“一定要尊重科学、落实责任，把红树林保护

好”的重要指示精神，按照自然资源部、国家林业和草原局联合印发的《红树林保护修复专项行动计划（2020-2025年）》要求，切实做好广东省红树林保护修复工作，按时保质完成国家下达任务，广东省自然资源厅与省林业局组织编制了《广东省红树林保护修复专项行动计划实施方案》。

方案提出：

修复提升红树林生态功能。坚持自然修复为主、人工修复为辅的方针，分类施策开展现有红树林生态系统中林地、潮沟、林外光滩、浅水水域等区域的修复，特别是对人工纯林、有害生物入侵、生境退化的红树林等进行抚育，采取树种改造、有害生物清除、潮沟和光滩恢复等措施，对红树林生态系统进行修复，提高生物多样性，提高红树林生态系统的稳定性和完整性，实现红树林可持续发展。

5、《广东省人民政府办公厅关于科学绿化的实施意见》

科学开展红树林保护修复。严格红树林用途管制，严守红树林生态空间，开展红树林保护修复行动，维护红树林湿地生物多样性。在符合海洋功能区划的前提下，在沿海地区建设多处高质量集中连片、生态功能完善、消浪减灾效果显著的红树林示范带，打造红树林保护修复广东新样板、新名片。通过实施宜林荒滩造林、低效红树林修复、无瓣海桑等外来树种乡土化改造、受损红树林生境修复或重建，提高红树林生态系统的完整性和稳定性。

6、《外来入侵物种管理办法》

本办法所称外来入侵物种，是指传入定殖并对生态系统、生境、物种带来威胁或者危害，影响我国生态环境，损害农林牧渔业可持续发展和生物多样性的外来物种。

提出在综合考虑外来入侵物种种类、危害对象、危害程度、扩散趋势等因素的基础上，制订本行政区域外来入侵物种防控治理方案，并组织实施，及时控制或消除危害。

7、《红树林生态修复手册》

对于以红树林为保护对象的自然保护地，如无瓣海桑和拉关木入侵至原生植物群落中，应开展清除工作。对于以鸟类栖息地为保护对象的保护地，应及时拔除红树林外围滩涂区域的无瓣海桑、拉关木幼苗。清除时应贴近地表，防止其分蘖萌发，幼苗以拔除为主。

对于保护地以外区域成片种植的无瓣海桑或拉关木，如确实对周边的渔业生产、水生生物或乡土红树林植被造成负面影响的，应开展植物群落的改造，逐步修复为乡土红树物种。在不引起区域生态环境不利影响的条件下，可通过疏伐降低植被的郁闭度，种植耐荫能力强的乡土物种，改造为与乡土物种的混交林并加以抚育，在乡土物种郁闭成林后再清除外来物种。

8、《全国湿地保护规划（2022—2030 年）》

依据国土空间规划，按照“三区四带”国家生态保护修复格局，统筹全国湿地分布特征和保护现状，布局湿地保护修复任务。

海岸带

区域现状：本区涉及辽宁、河北、天津、山东、江苏、上海、浙江、福建、广东、广西、海南等省（区、市）的近岸近海区。区域内分布 1500 余个大小河口、200 余个海湾，湿地面积约占全国的十分之一。本区拥有海岛、海湾、河口等多种典型海洋生态系统，是东亚—澳大利西亚候鸟迁徙路线的重要区域。

主要问题：湿地面积萎缩，水体污染和富营养化比较严重，局部地区滨海湿地退化严重，外来物种入侵严重，沿海滩涂生态失衡，红树林面积总量不大且质量不高。

主攻方向：以滨海湿地生态系统结构恢复和服务功能提升为主攻方向，全面保护自然岸线和沿海滩涂，严控陆源污染物直排入海，综合开展退围还滩、退塘还林、外来入侵物种防治、水鸟生态廊道建设，修复滨海湿地生物栖息地，提升滨海湿地生态系统质量。

9、《二十大报告》

提升生态系统多样性、稳定性、持续性。加快实施重要生态系统保护和修复重大工程。推进以国家公园为主体的自然保护地体系建设。实施生物多样性保护重大工程。科学开展大规模国土绿化行动。深化集体林权制度改革。推行草原森林河流湖泊湿地休养生息，实施好长江十年禁渔，健全耕地休耕轮作制度。建立生态产品价值实现机制，完善生态保护补偿制度。**加强生物安全管理，防治外来物种侵害。**

10、小结

可见，为提升生态系统多样性、稳定性、持续性，滨海湿地生态系统结构恢复和服务功能提升是核心。

对于海滨海休闲带前湾片区（桂湾公园、前海石公园和规划的金岸中街以西区域）来说，红树林、潮沟、林外光滩、浅水水域等滨海湿地的多样性是结构基础，外来物种无瓣海桑和拉关木在前海湾已经定殖，且有大面积的扩散趋势，对乡土红树的直接遮蔽影响，对潮沟、林外光滩、浅水水域侵占是一个需要直面的问题，应采取科学、合理的措施进行控制和消除，修复滨海湿地生物栖息地，提升滨海湿地生态系统质量。

三、项目区域红树林调查

1、桂湾公园

1.1 调查范围



图 3-1 桂湾公园调查范围

位于前海的滨海大道、怡海大道、前海大道合围的桂湾公园范围，沿桂庙河有潮感的地段调查面积约 4.5 万平方米。

1.2 调查结果

通过对桂湾公园进行调查，已经有大量无瓣海桑 1-1.5 年生植株生长，数量达 301 株，评估影响范围约 5000 平方米，未来存在极大的生态风险。

站位	坐标范围	树种	数量	高度
			(株)	(cm)
上游	22.53251137 N, 113.8854029E;	无瓣海桑	30	70-120
	22.52811275N, 113.893073E.			
中游	22.52811275N, 113.893073E;	无瓣海桑	168	40-250
	22.52619067N, 113.8957268E.	拉关木	2	200-260
下游	22.52619067N, 113.8957268E;	无瓣海桑	102	50-210

表 3-1 桂湾公园无瓣海桑、拉关木数量



图 3-2 桂湾公园无瓣海桑、拉关木分布

桂湾公园的无瓣海桑已经扩散至公园的全范围，无瓣海桑的果实在水动力较弱的区域非常容易着陆并快速萌发，特别是上游的潮沟和浅水水域，已经成片的无瓣海桑侵占，植株高度达 2.5 米。桂湾公园的无瓣海桑估计明年即可全面开花结果，需要在今年快速治理。

据 2020 年调查，桂湾公园的拉关木已经开花结果，出现大面积的扩散，有自然繁育的二代植株，集中在桂湾公园北岸。本次调查发现北岸的拉关木已经人工清理，是否还有小苗在本土红树林下还有待调查。南岸有拉关木 2 棵，高约 1.8 米，已开花结果。



图 3-3 桂湾公园的无瓣海桑侵占潮沟和浅水水域



图 3-4 桂湾公园的无瓣海桑部分近 3 米



图 3-5 桂湾公园的无瓣海桑已入侵本土红树



图 3-6 桂湾公园的拉关木



图 3-6 桂湾公园的银合欢分布



图 3-7 桂湾公园的银合欢

桂湾公园的入侵植物主要以乔木银合欢为主，草本还有百花鬼针草、蟛蜞菊、空心莲子草等。

2、前海石公园

2.1 调查范围

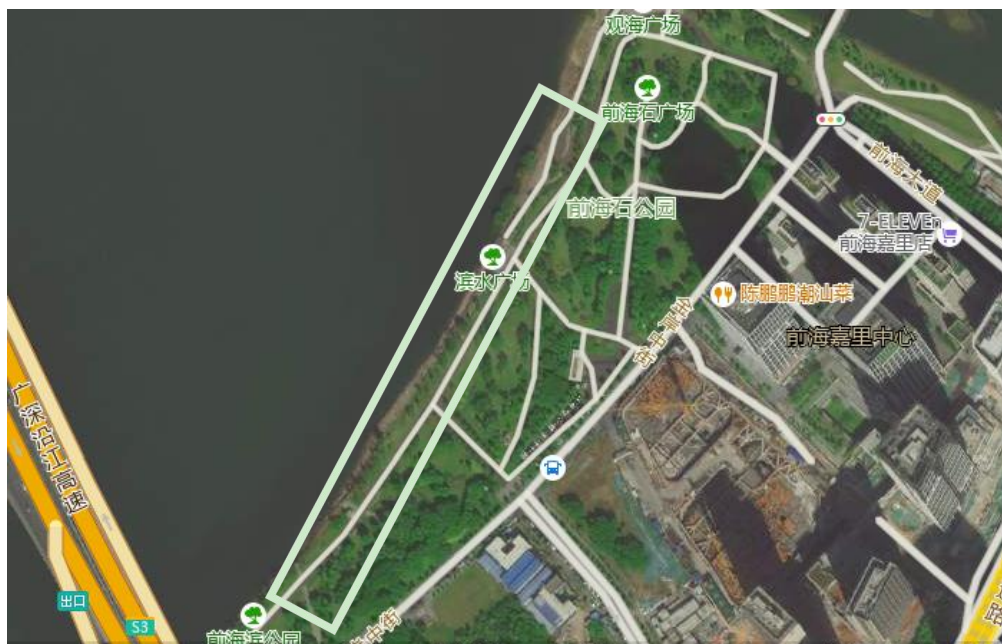


图 3-8 前海石公园调查范围

位于前海石公园的海岸线，调查面积约 500 平方米。

2.2 调查结果

前海石公园的红树植物主要为无瓣海桑，数量 18 株，均为前海填海陆域形成后其他区域无瓣海桑种源扩散至此生长，前海石公园的无瓣海桑平均高度约 8 米，平均胸径达 18.7 厘米。调查区的无瓣海桑已经进入盛果期，是桂湾公园无瓣海桑扩散的种源来源之一，需要及时进行处理。

编号	坐标 (CGCS2000)		株高	冠幅	基径	胸径
	N	E	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
1	22.529913	113.884350	980	810	30.0	18.9
2	22.529951	113.884362	960	760	35.0	20.5
3	22.529995	113.884418	890	800	34.0	20.2
4	22.530024	113.884468	890	920	32.0	27.0
5	22.530036	113.884471	750	870	22.0	11.0
6	22.530051	113.884478	720	810	30.0	21.1
7	22.530074	113.884480	510	400	12.5	8.8
8	22.530094	113.884483	910	840	25.0	21.0
9	22.530258	113.884542	880	290	13.0	9.0.
10	22.530264	113.884564	810	530	21.0	14.0
11	22.530277	113.884576	870	620	28.0	23.0
12	22.530284	113.884578	730	410	24.0	21.0
13	22.530298	113.884581	710	590	26.0	24.0
14	22.530314	113.884583	860	410	15.0	9.0
15	22.530335	113.884591	750	470	18.0	11.0
16	22.530345	113.884602	810	730	25.7	23.0
17	22.530357	113.884608	880	610	24.0	21.0
18	22.530362	113.884615	790	560	29.0	24.0
均值			817	635	24.7	18.7

表 3-2 前海石公园的无瓣海桑



图 3-9 前海石公园无瓣海桑

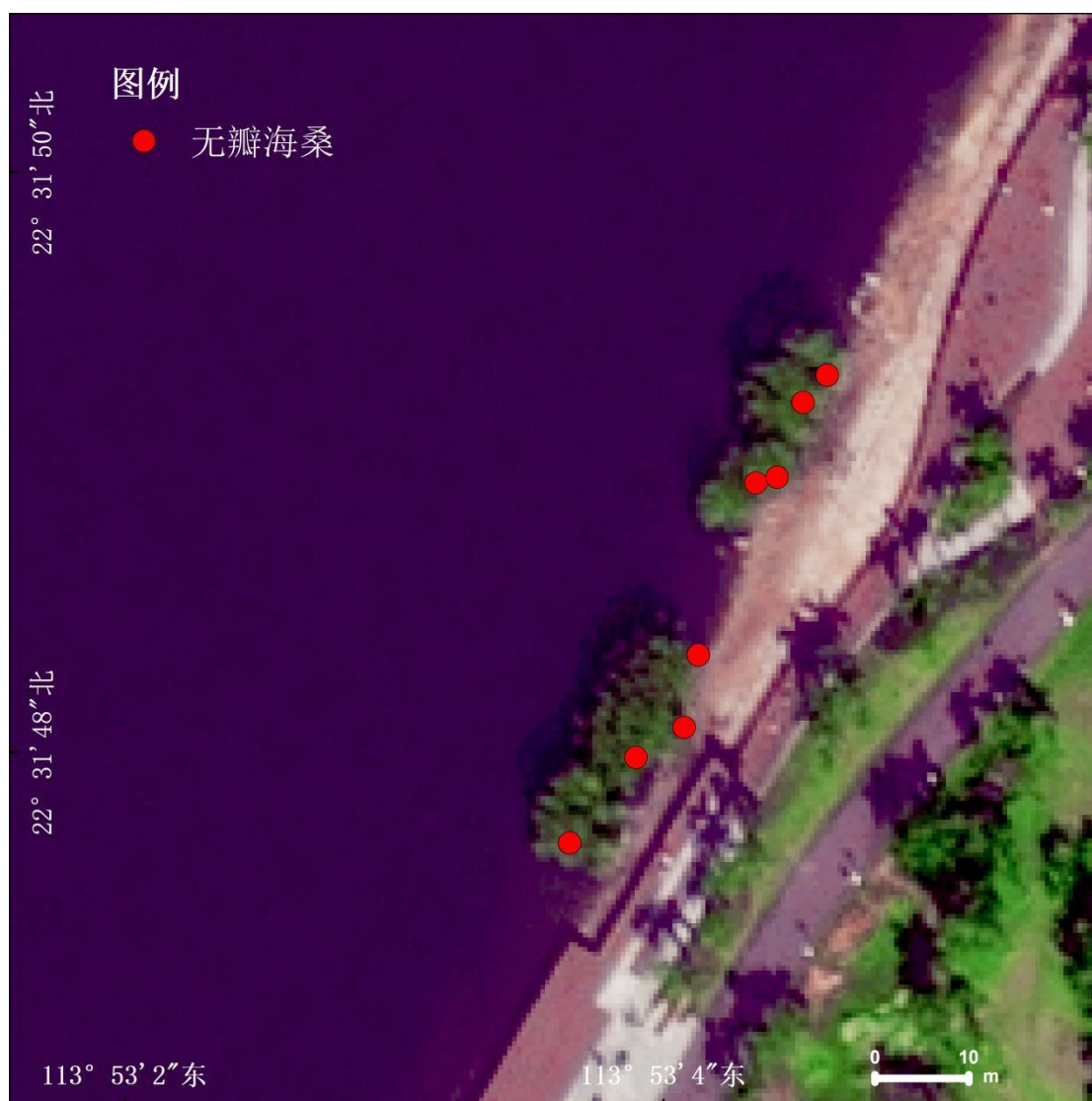


图 3-10 前海石公园无瓣海桑的分布

3、规划金岸中街以西区域

3.1 调查范围



图 3-11 规划金岸中街以西区域调查范围

位于规划金岸中街以西的海岸线，调查面积约 1000 平方米。

3.2 调查结果

无瓣海桑 12 株，胸径 4.4cm-15.4cm，平均高度约 4m；幼苗 4 株。



图 3-12 无瓣海桑

秋茄 3 株，胸径 3cm，平均高度约 85cm；幼苗 4 株，高度 30cm。



图 3-13 秋茄

老鼠簕 3 丛，平均高度约 80cm。



图 3-14 老鼠簕

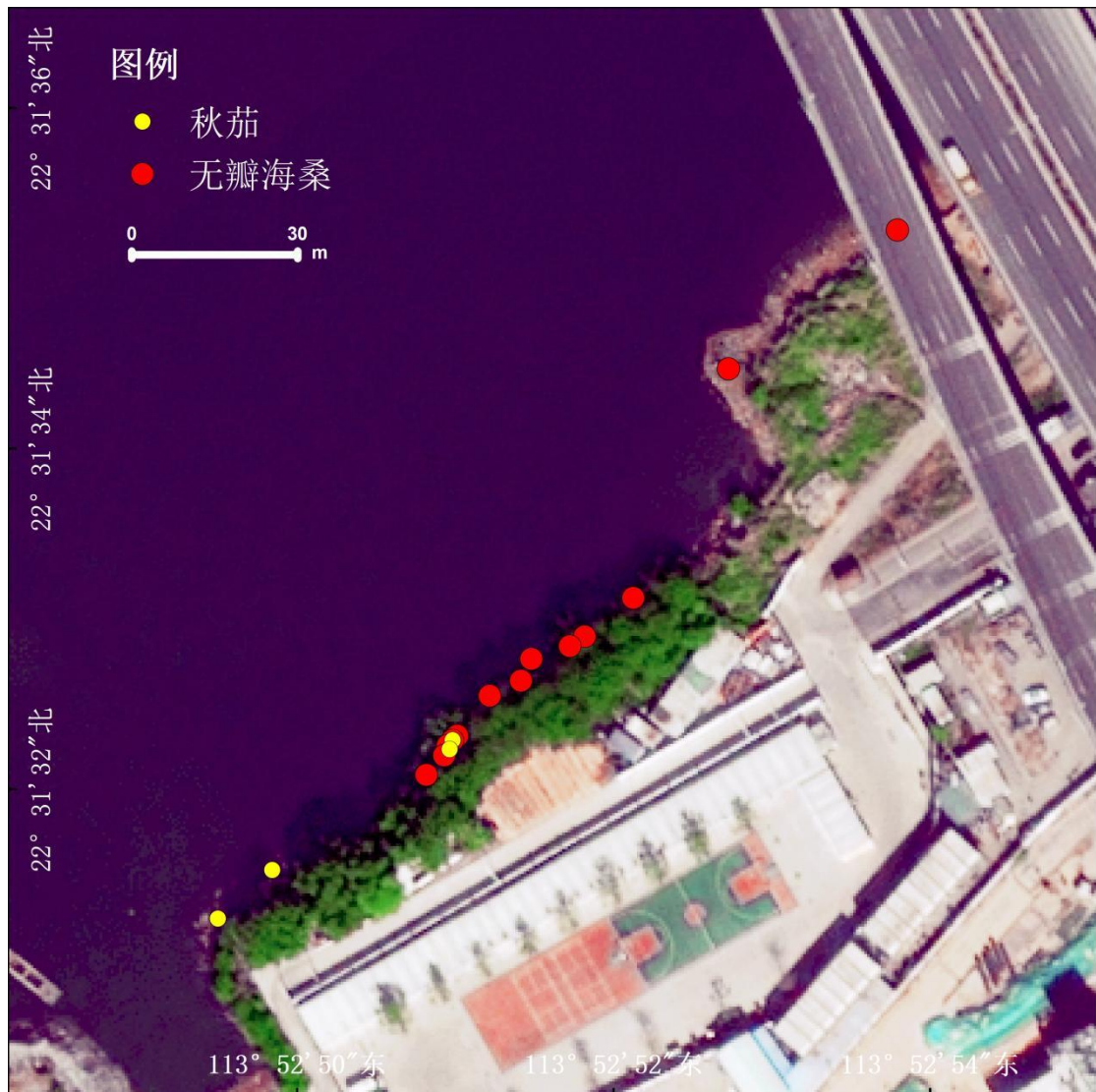


图 3-15 规划金岸中街以西区域无瓣海桑和秋茄的分布

规划金岸中街以西为前海深港合作区相关填海工程进行后未进行岸线生态修复的区域，为填海抛石的环境。调查区域内有红树 4 种。无瓣海桑 16 株，其中小苗 4 株，为外来种自然扩散；秋茄 7 株，其中小苗 4 株。

调查区生态环境不适宜红树生长，但因是填海后形成的弱浪区，填海抛石对红树繁殖体有滞留作用，自然生长出这些红树。调查区的高程低，低于平均海平面，填海抛石表面有大量牡蛎附着生长，同时发现红树的根部，树干也有大量牡蛎附着生长。无瓣海桑因其生长快速可抵抗牡蛎附着的影响，但本土红树秋茄受侵害明显，3 株树形较大的秋茄中有 2 株根部大量附着牡蛎，已经倒伏，未来存在不确定性，死亡概率很大。

4、基本结论

无瓣海桑、拉关木为外来红树，生长迅速，一般适宜条件下，2年可达3米具备繁殖能力进入盛果期，5年可达10米，据对深圳湾、西湾、大铲湾等区域无瓣海桑成林的现状调查，成片无瓣海桑林下本土红树基本不能生存。根据《外来入侵物种管理办法》，前海深港合作区滨海休闲带前湾片区的无瓣海桑和拉关木已经定殖，无瓣海桑有大面积的扩散趋势，对乡土红树有直接的遮蔽影响，对潮沟、林外光滩、浅水水域有直接的侵占影响，对乡土红树湿地生态有明显的入侵性；根据《广东省人民政府办公厅关于科学绿化的实施意见》、《红树林生态修复手册》、《全国湿地保护规划（2022—2030年）》等政策、技术的要求，无瓣海桑或拉关木如确实对周边的渔业生产、水生生物或乡土红树林植被造成负面影响的，应开展植物群落的改造，逐步修复为乡土红树物种。

而且无瓣海桑、拉关木高大成片，对滨海城市的优质海岸线景观形成遮蔽，阻挡市民看海、亲海的需求，从城市生态管理的角度也需要进行采伐更替。



图 3-16 桂湾公园拉关木花期

四、无瓣海桑研究

1、无瓣海桑对本土红树林湿地有入侵性

上世纪 90 年代始，应红树林恢复和重建的需求，国家“九五”攻关项目红树林课题组将无瓣海桑从海南东寨港引种到广东。无瓣海桑天然分布于印度、孟加拉、斯里兰卡等孟加拉湾周边国家，1985 年，中国有关人员将它从孟加拉西南部的孙德尔本斯红树林引入海南东寨港种植。由于其生长速度明显高于乡土红树植物，结实率高、育苗简单、栽培容易、适应性强，迅速成为我国东南沿海红树林造林的首选树种，被广泛引种并应用于各地的红树林造林。例如 1990-2005 年，深圳福田红树林保护区在其缓冲区和实验区的光滩、红树林滨海湿地公园等地扩种无瓣海桑和海桑（王伯荪等，2002）。随后，陆续发现该物种扩散至深圳湾南岸的香港米埔国际重要湿地，在沙嘴码头、沙河口形成天然扩散种群。

无瓣海桑属于阳性先锋树种，在林地多处于林木的上层，在我国其野外越冬的北界达到福建连江一代，比原产地高了 6 个纬度¹。无瓣海桑一般分布在海水盐度较低的泥质滩涂上。具有较高的耐盐能力，在盐度 0-25‰内可正常生长，超过 25‰其生长受到抑制。实验室研究也表明无瓣海桑种子只适宜在盐度 0-10‰条件下萌发，苗木长出真叶后在 20‰盐度下也不会受盐害。无瓣海桑对潮带的适应能力较强，向陆方向可生长于中高潮滩的海莲林、角果木林外缘；向海方向，可生长于秋茄林内或天然秋茄林外缘的中低潮滩。土壤质地有粉壤至黏土均能正常生长，在淤泥深厚（脚陷深 30-40cm）、松软肥沃的中低潮滩长势最好²。

根据中华人民共和国国家环境保护标准 HJ624—2011《外来物种环境风险评估技术导则》定义，外来物种（alien species）是指出现在其过去或现在的自然分布范围及潜在扩散范围以外的种、亚种或以下的分类单元，包括该物种所有可能存在繁殖的部分、配子或繁殖体。由此可判断，无瓣海桑在深圳红树林中，均属于外来植物。

我国学者对无瓣海桑是否是入侵物种尚无统一定论，但其生长迅速、适应性强、扩散快的特性已形成共识，且无瓣海桑定植后对本地乡土红树具有竞争优势，

1 李元跃，段博文，陈融斌，等. 2012. 红树植物无瓣海桑北移种植的生长适应研究. 泉州师范学院学报, 泉州师范学院学报, 29 (6): 20-24.

2 廖宝文，郑松发，陈玉军，等. 2004. 外来红树植物无瓣海桑生物学特性与生态环境适应性分析. 生态学杂志, 23 (1): 10-15.

对生态系统其他营养级的物种也可能造成不利影响,特别是侵占滩涂影响底栖生物和水鸟的栖息环境。从现有的研究资料来看,无瓣海桑具有以下生态学特征:

(1) 种子具有较强的繁殖力和传播力

无瓣海桑的主要繁殖方式是有性繁殖,在我国均开花结实两次,即秋果和春果,但一般以秋果为主³。无瓣海桑的长距离传播主要依靠人工辅助(人工造林);而短距离传播主要取决于繁殖体的传播特性。较之乡土红树植物而言,无瓣海桑的种子多质量轻⁴,而且很适合于被潮水携带和快速萌发。它的果实和种子均能在不同盐度的海水中漂浮;种子不休眠;在漂浮过程中它们继续萌发并能维持相当长时间的漂浮⁵。无瓣海桑具有迅速的短距离扩散能力使其得以中低潮带空旷裸滩占领空缺生态位而迅速定居和建群,更能在原生红树林内的空地和林窗迅速生长⁶。无瓣海桑等海桑属植物定植后,可快速生长,一年生苗可高达 2-3 m, 2-3 年便能开花结果, 2-3 年左右可成林⁷。

(2) 在种间竞争中处于优势

无瓣海桑的种内竞争强度随径级的增大而增大,径级大于 20cm 以后竞争强度增强趋势明显减缓,导致自疏,群落结构逐渐趋于稳定。在中低潮前缘滩涂,无瓣海桑的种间竞争强度显著高于乡土红树白骨壤、秋茄、红海榄和桐花树⁸。

(3) 食物网上初级消费者的多样性降低

红树一方面为底栖动物提供了繁育场所,也直接或间接的提供了食物。大型底栖动物是红树林生态系统中物质循环、能量流动积极的消费者和转移者。有研究证明无瓣海桑林中底栖动物生物多样性明显低于同龄乡土红树⁹,其中重要的原因在于无瓣海桑凋落物营养水平和单宁含量明显不同于乡土红树¹⁰,本地的一些底栖动物对这一食源“不喜欢”。红树林中的底栖动物优势物种分布与红树林植被有密切关系¹¹,不同红树林种类下底栖动物群落结构大不同。林龄增长无瓣海桑人工林的大型底栖动物群落物种多样性指数反而明显下降,这可能与土壤理

3 廖宝文. 2004. 外来红树植物无瓣海桑生物学特性与生态环境适应性分析. *Chinese Journal of Ecology*, 23 (1): 10-15

4 廖宝文, 田广红, 杨雄邦, 等. 2006. 珠海淇澳岛无瓣海桑种苗自然更新与扩散分析. *生态科学*, 25 (6): 485-488.

5]陈鹭真. 2007. 中国红树林生态系统外来种的潜在入侵性研究(学位论文).

6 田广红. 2010. 外来红树植物无瓣海桑的入侵生态特征. *生态环境学报*, 19 (12): 3014-3020.

7 陈玉军, 廖宝文, 彭耀强, 等. 红树植物无瓣海桑北移引种的研究[J]. *林业与环境科学*, 2003, 19(2):9-12.

8 廖宝文, 李玟, 郑松发, 等. 2003. 外来种无瓣海桑种内、种间竞争关系研究. *林业科学研究*, 16 (4): 418-422.

9 Tang Y J, Fang Z Q, Chen K, etc. 2012. Ecological influence of exotic plants of *Sonneratia apetala* on understory macrofauna. *Acta Oceanologica Sinica*, 31 (5): 115-125.

10 李旭林, 彭逸生, 万如, 等. 2010. 两种相手蟹对不同红树植物叶片取食的偏好性. *生态学报*, 30 (14): 3752-3759.

11 Nobbs M. 2003. Effects of vegetation differ among three species of fiddler crabs (*Uca*. Spp). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 284 (1-2): 41-50.

化性质变化和凋落物食源性质有关，相关机制有待研究¹²。

2、无瓣海桑的更新符合红树林生态修复的需要

《红树林保护修复专项行动计划（2020-2025 年）》中提出，到 2025 年我国要营造红树林 9050 公顷，修复红树林 9750 公顷的目标，以及“尊重自然，科学修复”的基本原则。在修复过程要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，采用自然恢复和适度人工修复相结合的方式实施生态修复，并强调了优先选用本地树种。在实施红树林生态修复的行动中，对于现有红树林的修复，特别是对人工纯林、有害生物入侵、生境退化的红树林等进行抚育，采取树种改造、有害生物清除、潮沟和光滩修复等措施，对红树林生态系统进行修复，提高生物多样性，提高红树林生态系统的稳定性和完整性，实现红树林可持续发展。

《广东省人民政府办公厅关于科学绿化的实施意见》提出科学开展红树林保护修复。提出通过实施宜林荒滩造林、低效红树林修复、无瓣海桑等外来树种乡土化改造、受损红树林生境修复或重建，提高红树林生态系统的完整性和稳定性。

而前海现有的无瓣海桑是附近海域人工种植无瓣海桑扩散后自然繁殖，对前海桂湾公园、前海石公园甚至未来滨海休闲带的本土红树具有很大的生态威胁，需要进行生态修复，采取树种改造、有害生物清除，种植本土红树的方法进行红树林生态系统修复。

12 唐以杰，方展强，钟燕婷，等。2012. 不同生态恢复阶段无瓣海桑人工林湿地中大型底栖动物群落的演替. 生态学报, 32 (10): 3160-3169.

五、拉关木研究

由于适应能力强、高的繁殖体扩散能力和生长快速等特征，拉关木（*Laguncularia racemosa*）被选作红树人工造林的首选树种之一（另一种为无瓣海桑）。与此同时，面对大力引种拉关木这一现象，其到底是否具有入侵性，众多学者评价各异。本章节梳理了外来种拉关木的生态学特征等相关信息和分析其潜在入侵性，旨在为科学认识、引种推广和管理拉关木提供科学的认识 and 理论依据。

1、拉关木的植物学特征

拉关木是使君子科（*Combretaceae*）的一种外来红树植物，与我国其同科的乡土红树植物有榄李属（*Lumnitzera*）的榄李和红榄李，本种叶对生也称对叶榄李属（*Laguncularia*）。本种天然广泛分布于南美、西印度群岛、百慕大群岛、西非和美国佛罗里达沿岸，其从 1845 年至今记录有较全的本种标本。



图 4-1 拉关木标本记录及其在的分布记录

拉关木中文曾称拉贡木，高大乔木，树干圆柱形，茎干灰绿色单叶对生，全缘，厚革质，长椭圆形，先端钝或有凹陷，长 6-12 cm，宽 1.5-5.5 cm，叶柄正面红色，背面绿色；总状花序腋生，每花序有小花 18-53 朵；隐胎生果卵形或倒卵形，长 2-2.5 cm，果皮多有隆起的脊棱，小果灰绿色，成熟时黄色，雌雄同株或异株，具有典型的隐胎生繁殖方式，种子在离开母体前就发芽，但不突破果皮，种子干粒重 427-447g，发芽率为 90.6-96.2%；花期为 2-9 月，其中盛花期在 4 月下旬至 5 月，7-9 月仅偶有少量花。果实成熟期为 7-11 月，其中大熟期

为8-9月中旬,10-11月有少量果实成熟¹³。拉关木分布特征为常分布于河口有淡水影响、土壤和海水盐度较低、沙质基质、林冠稀疏和人为干扰的区域¹⁴,在淤泥深厚、松软肥沃的中高潮滩长势最好,耐盐性较低¹⁵,对低盐度和缺氧状态的适应能力强,抗逆性较好;拉关木喜热带海潮滩涂环境,不耐寒冷,气温低于-4℃时,会出现寒害而死亡¹⁶。拉关木的隐胎生种子发芽率高,野外的林下、林缘至潮沟两侧常分布有大量不同大小的幼苗,尤其在拉关木人工林下。因此,先前的苗圃中拉关木易于实现快速大量育苗,即可直接播种于营养袋,也可苗床育苗完再移栽至营养袋。

2、拉关木的分布特征及引种现状

拉关木的天然分布仅限于新热带区和非洲西部,据相关文献报道,其分布在北美和南美东部的热带海岸(从美国佛罗里达州 28° 50' 到巴西拉古纳 28° 30')以及除百慕大,多米卡和荷属安的列斯群岛以外的所有加那比海岛屿;Wilkie 等表示安圭拉岛的分布情况目前还是未知状态(Wilkie and Fortuna, 2003)。在南美太平洋沿岸,从墨西哥的埃斯特拉·萨根托(29° 17')到秘鲁的皮乌拉河(5° 32') (de Lacerda, 2002),及西非地区(安哥拉,贝宁和多哥,喀麦隆,科特迪瓦,刚果民主共和国,加蓬,冈比亚,加纳,古尼雅,几内亚比绍,尼日利亚,塞内加尔和塞拉利昂(Spalding et al.,1997)均有分布,但在加拉巴哥群岛,科科斯,马尔佩洛和加那利群岛不存在拉关木,大西洋中南部的分布情况有待进一步确认。

拉关木是1999年从墨西哥拉巴斯市(24° 30' N, 110° 40' E)采集成熟果实,引种至我国海南东寨港国家级自然保护区苗圃进行育苗。从成熟的母树果实采摘,筛选出优质种子,经过海关检疫后,开始在海南海口东寨港自然保护区育苗培养,树苗长至1.2-1.8m时进行栽种,第一代苗共种植127株,2002年开始开花结果,

13 卢昌义,廖宝文.对外来红树植物无瓣海桑和拉关木生态作用的思考[J].湿地科学,2019,17(06):682-688.3.

13 钟才荣,李诗川,杨宇晨,张影,林作武. 红树植物拉关木的引种效果调查研究[J]. 福建林业科技, 2011(03):96-99.

14 张方秋,潘文,周平等主编.广东生态景观树栽培技术[M].中国林业出版社, 2012.06, 377-379.

15 Mangrove Forest Structure in the So Jono River Estuary, Rio de Janeiro, Brazil[J]. Calegario, Gabriela, Salomo, Marcos Sarmet Moreira de Barros, de Rezende, Carlos Eduardo, Bernini, Elaine. Journal of Coastal Research. 2015 (3).

16 杨珊,刘强,王炳宇,王旭萍, Juma GUL.外来红树植物拉关木对乡土种桐花树和正红树的化感作用研究[J].广西植物, 2020 (03):1-10.

2003 年 8 月采种育苗，所育苗木于 2004 年推广到广东省电白县红树林自然保护区，2006 年开花结果。2008 年，从广东电白采集 13 万颗拉关木种子到福建莆田进行育苗，当年共成功培育 11 万株拉关木苗。次年部分苗木销往厦门等地造林，其余苗木滞留于苗圃中。2010 年苗圃中有少量树开花结果¹⁷。广西最早在北海银海区冯家江大桥附近引种拉关木，随后于 2009 年在大冠沙潮滩进行试验造林，经 2013 年测定，四年生试验林平均基径 18.11 cm，平均树高 5.86 m¹⁸。刘强¹⁹等人初步调查发现，拉关木从 2012 年或 2013 年被人工引种至海南东寨港、儋州新盈红树林湿地公园、三亚铁炉港、东方市黑脸琵鹭保护区等地，至 2017 年底观察，大约六七年时间就已郁闭成林，林下十分荫蔽，在 1m×1m 的样方中，拉关木幼苗数量高达 85-112 株。近几年来，在福建厦门市下潭尾滨海湿地公园、漳浦县、九龙江口²⁰，广东省的中山市、珠海淇澳岛、深圳大鹏新区等地陆续引进该种造林，长势良好²¹。



图 4-2 拉关木在中国的引种分布图

广东省具有最长的海岸线和最大红树林面积分布，同时，也是最热衷引种拉关木的省份，除了在广东各个沿海市级普遍引种了拉关木外，全国最大面积的红树林保护区——湛江国家级红树林保护区也具有大面积的拉关木人工林。另外，

¹⁷ 钟才荣,李诗川,杨宇晨,张影,林作武. 红树植物拉关木的引种效果调查研究[J]. 福建林业科技, 2011(03):96-99.
¹⁸ 潘良浩,史小芳,曾聪,陈元松.广西红树林的植物类型[J].广西科学, 2018, 25 (04): 352-362.
¹⁹ 刘强,张颖,钟才荣,杨勇,李冬琳,张世杰,张静文.外来红树植物拉关木入侵性研究[J].湖北农业科学,2019,58(21):60-64+67.
²⁰ 张苏玮.漳浦县滨海湿地红树林生态恢复措施[J].安徽农学通报, 2010, 16 (01): 161-163+179.
²¹ 马端,陈焜.新引种速生红树植物对某些重金属净化能力初步研究[J].防护林科技,2016(06):5-7.

需要引起注意的是在广东发现的一些非红树林相关主管部门的引种造林行为,如惠州万科双月湾地产和深圳大鹏鹿嘴湿地公园,难以在相关的研究报告和官方文件查找得到,且主要在原本没有红树林分布的区域,等发现后已经成林且形成一定规模的繁殖扩散趋势。

3、拉关木的生态学特征及入侵潜力

在我国,拉关木正在经历着和无瓣海桑相似的“争论不休的局面”。主张支持引种拉关木的一方主要依据在于阐述拉关木对于困难立地和重建非宜林地的快速成林,从而也能顺应我国大政策下大力提倡修复红树林面积的需求。另外一方面的学者研究显示拉关木具有快速生长、繁殖力强且不同林龄小苗分布扩散广,且在海南和广东地区发现普遍的扩散进入乡土红树植物群落的现象。因此,针对拉关木的研究急需注重在对于入侵潜力开展系统性的研究,如下综述了有关拉关木不同方向的研究进展。

3.1 遗传多样性

红树林是一个容易受到潮汐,盐度和养分多种元素变化影响的生态系统,许多红树林地区都具有极高的压力条件,例如盐沼,附近的植物通常会出现形态变化以适应环境。植物可塑性对于克服这种压力并建立适应机制,以使植物能够应对重复的压力至关重要。由于植物的固着性,它们应对和适应反复出现的生物和非生物胁迫的能力对于它们的生存十分重要。生存能力与种群适应度有关,这与杂合性,种群大小和定量遗传变异成正相关。目前,国内外关于拉关木在不同生长环境下的遗传分化研究较少。遗传分化是生物适应异质生境的一种主要方式,理论上来讲,物种的遗传多样性越高,适应新环境的能力越强。Lira-Medeiros等人²²通过 AFLP 分子标记的方法,对比分布在河沿和近沼泽两个区域的拉关木基因突变情况,发现两者有很好的联通,没有出现显著的遗传分化现象。从 1999 年引种在海南东寨港的第一批 127 株小苗到现在被引种至华南沿海多个地区,不同的生长环境下,拉关木依旧表现出良好的生长势头。目前,不同生境对拉关木的遗传多样性是否有影响,及遗传多样性在拉关木对新的环境适应过程中具有怎样的潜在作用,还有待于进一步的讨论与研究。

²² Lira-Medeiros, Catarina, Cardoso, Mônica, Fernandes, Ricardo et al., Analysis of genetic diversity of two mangrove species with morphological alterations in a natural environment [J], Diversity, 2015,7 (20):105-117.

3.2 生理生态适应性

1999 年, 拉关木由墨西哥拉巴斯市引入中国, 拉巴斯市年平均气温 24℃, 极端低温 10℃, 年平均降雨量 180 mm, 海水盐度 30-60‰, 但在中国的引种地如海南东寨港、广东电白和广西北海极端低温 2-3℃, 年降雨量为 1670-1942 mm, 海水盐度低至 8-30‰, 植物的生长繁殖受到温度、盐度、水分、光照、土壤性质等多种因素影响, 拉关木能够在环境改变幅度较大的情况下生长发育, 这说明拉关木具有较强的环境适应能力。周亮²³的调查发现, 不同林龄的拉关木落果量占全年总凋落物比例随树龄的增长而增高, 落果量比例 8 年生 (3.63%) > 6 年生 (93.52%) > 4 年生 (2.87%), 所以, 在拉关木的种植管理过程中, 要不断加强对其种子果实的监测、整理。王秀丽²⁴等人研究发现, 在室内栽培实验条件下, 拉关木根、枝、叶、果的水浸液不同质量浓度 (即 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 g/mL) 对木榄幼苗生长的影响均具有“低促高抑”的化感作用。刘强等人²⁵的研究表明拉关木水浸提液对桐花树种子萌发有抑制作用, 可能是因为水浸提液中的化感物质与受体植物之间相互作用, 抑制了受体植物细胞分裂, 生长, 改变了细胞膜的通透性, 从而抑制了种子的萌发, 这也是拉关木适应新生境的一种高的竞争力表现。拉关木的光合同化能力较高, 其幼苗对生境的适应能力高于海桑属植物²⁶, 耐盐性高于木榄和秋茄; 在沙质滩涂生长条件下, 存活率拉关木 (28%) > 无瓣海 (25%) > 秋茄 (22%) > 桐花 (18%) > 木榄 (14%)²⁷; 在盐胁迫条件下, 拉关木的抗氧化酶活性增强, 耐盐能力提高²⁸; 拉关木的抗寒性仅次于秋茄, 与桐花树、白骨壤相当²⁹。

²³ 王秀丽, 周亮, 许诗琳, 吴婷婷, 刘毅伟, 陈浩, 傅蓉, 叶苏俊, 卢昌义. 福建九龙江口不同林龄拉关木人工林凋落物组成及季节动态[J]. 应用海洋学报, 2017, 36 (04): 519-527.

²⁴ 王秀丽, 卢昌义, 周亮, 陈锦钊, 傅蓉, 许诗琳, 陈浩, 刘毅伟. 外来红树植物拉关木对木榄的化感作用[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2017, 56(03): 339-345.

²⁵ 向敏, 刘强, 李妮亚, 李伟, 张云云. 引进红树拉关木和两种乡土红树离子平衡及光合作用的比较研究[J]. 广西植物, 2016, 36(04): 387-396.

²⁶ Cunha, SR, Tognella-De-Rosa et al., Salinity and flooding frequency as determinant of mangrove forest structure in Babitonga Bay, Santa Catarina state, southern Brazil[J]. J Coastal Res, 2006.

²⁷ 林文欢, 詹潮安, 郑道序, 李莉. 粤东沙质滩涂 6 种红树林树种造林试验研究[J]. 林业与环境科学, 2014(2): 69-71.

²⁸ 陈坚, 李妮亚, 刘强, 钟才荣, 黄敏, 曾佳. NaCl 处理下两种引进红树的光合及抗氧化防御能力[J]. 植物生态学报, 2013, 37(005): 443-453.

²⁹ 雍石泉, 全川, 庄晨辉, 杨渭平, 李旭伟, 张林海, 黄佳芳. 2010 年冬季寒冷天气对闽江口 3 种红树植物幼苗的影响[J]. 生态学报, 2011(24): 7542-7550.

3.3 自然扩散潜力

生物入侵是一个复杂的过程,一般包括引入、存活、拘留、扩散和入侵爆发阶段³⁰。拉关木是否能够构成入侵性,扩散是关键一步。拉关木最初是经人工引入种植至固定区域,种植后,长势旺盛,结实量巨大,其繁殖体的传播媒介主要是海水,风对繁殖体散布的距离与方向具有显著影响。卢昌义³¹等人调查研究发现,拉关木在福建被用于互花米草入侵滩涂造林实践,由于其阳性植物的需光性,在引进地不会扩展到原先生长的本土红树植物的树林内,造成“反客为主”的入侵问题。张颖³²等调查发现拉关木具有扩张性,在海南东方市黑脸琵鹭保护区拉关木侵入毗邻白骨壤群落、儋州新盈拉关木侵入毗邻的白骨壤-木榄群落。既有拉关木侵入毗邻乡土种红树植物群落,又有侵入到非毗邻区域。

3.4 入侵潜力综合分析

利用外来种拉关木作为先锋物种开展红树林生态恢复和重建,具有显著优于本地种的积极作用。支持方在涉及对拉关木的入侵潜力方面的研究工作,主要集中在地理较北的福建区域开展相关研究,其认为拉关木虽然生长快速,繁殖力强,但种子扩散有限且当年生小苗难以顺利越冬,入侵可能性低,对乡土红树林几乎没有入侵危害。然而从另外一个方面,在已成功引种地区的纬度、盐度、沉积物质地变化较大且多样说明拉关木能够在环境改变幅度较大的情况下快速生长和繁殖,且其不同组织的水提物对乡土红树植物木榄、桐花树和正红树发育生长也具明显的抑制作用,这说明拉关木具有较强的竞争力,具备潜在入侵乡土红树林的综合能力。拉关木一旦形成具有强入侵性的外来植物,会对生态系统造成不可挽救的破坏,导致本地植物生物多样性降低,林分结构单一化等严重后果。

³⁰ 高增祥,季荣,徐汝梅,谢宝瑜,李典谟.外来种入侵的过程、机理和预测[J].生态学报,2003(03):559-570.

³¹ 卢昌义,廖宝文.对外来红树植物无瓣海桑和拉关木生态作用的思考[J].湿地科学,2019,17(06):682-688.3.

³² 刘强,张颖,钟才荣,杨勇,李冬琳,张世杰,张静文.外来红树植物拉关木入侵性研究[J].湖北农业科学,2019,58(21):60-64+67.

六、红树林生态修复设计

1、技术路线与原则

红树林生态修复的技术路线和工作内容包括生态本底调查、问题诊断、修复目标设定、修复方式确定、修复方案编制、修复工程实施、跟踪监测、修复效果评估和适应性管理等。

（1）问题导向，科学修复

追根溯源，系统梳理隐患与风险，对自然生态系统进行全方位生态问题诊断，提高问题识别和诊断精度。针对生态问题及风险，充分考虑项目范围内各种生态因素，因地制宜开展保护修复，提高修复措施的科学性与针对性，尽可能减少或避免对生态的影响。

（2）自然修复为主，人工修复为辅

保护生物多样性与景观多样性，诊断生态系统现有的问题和威胁，合理选择保育保护、自然恢复、生态重建等措施，恢复生态系统结构和功能，增强生态系统稳定性。

（3）系统性修复

尊重红树林生态系统的完整性和地理空间的连通性，充分考虑潮沟、红树林周边滩涂和浅水水域的保护和生境修复，在修复红树林生境和植被的同时，注重红树林生态系统结构及生态功能的修复。

（4）长效管护

基于红树林生长特性及其生长环境，在营造和修复红树林工程实施后，应持续做好抚育管护，加大长效管护力度，确保修复成效。

2、红树林本底调查

据对前海深港合作区滨海休闲带前湾片区的红树林调查，桂湾公园有真红树植物共计 5 科 8 属 10 种，其中无瓣海桑和拉关木是外来种（分别从孟加拉和墨西哥引进），但无瓣海桑、拉关木并不是桂湾公园规划建设所种植的，为周边种源自然扩散或外来苗圃苗木携带，目前无瓣海桑的数量达 301 株，拉关木 2 株，

具有明显的对乡土红树的入侵现象，同时调查发现已修复的红树林湿地的潮沟、裸滩和浅水区等生境已经成片的无瓣海桑生长，高度达 2.5 米。前海石公园有无瓣海桑 18 株，为前海填海陆域形成后其他区域无瓣海桑种源扩散至此生长，前海石公园的无瓣海桑平均高度约 8 米，胸径达 18.7 厘米，处于盛果期已经成为前湾片区无瓣海桑的主要种源。规划金岸中街以西区域有无瓣海桑 16 棵，也处于盛果期。

3、问题诊断

根据对无瓣海桑和拉关木的生态学特征及入侵潜力研究，判断前海深港合作区滨海休闲带前湾片区的无瓣海桑和拉关木已呈快速扩散态势，对于已修复的乡土红树存在入侵的威胁，对已修复红树林湿地的潮沟、裸滩和浅水区等生境已经侵占，需进行采伐治理。

4、修复目标

目的：对前海深港合作区滨海休闲带的前湾片区的外来红树无瓣海桑、拉关木进行治理，消除其对本土红树林生态系统恢复的威胁，巩固桂湾公园生态修复的成果，提升前海片区滨海湿地的生态功能。

目标：通过物理采伐的方式治理外来红树植物，清理 334 株无瓣海桑和 2 株拉关木，移植秋茄 7 株；修复红树林湿地面积约 5500 平方米，其中桂湾公园约 5000 平方米、前海石公园 100 平方米和规划金岸中街以西区域 400 平方米；在桂湾公园种植本土红树 500 株，修复面积约 125 平方米。

5、生态修复类型

修复现有红树林

对退化红树林以及部分区域的外来速生红树林，采用威胁因素去除、有害生物清除、生境恢复及营建等生境修复措施，通过补植套种、树种更新等方式恢复乡土红树群落，提高红树林生态系统稳定性和完整性。

6、实施方案

6.1 无瓣海桑林及拉关木采伐与清运

深圳前海深港合作区滨海休闲带前湾片区的无瓣海桑是附近海域人工种植无瓣海桑扩散后自然繁殖，拉关木推测为栽植苗圃苗木土球携带进入前海片区，这两种外来红树对前海桂湾公园、前海石公园甚至未来滨海休闲带的本土红树具有很大的生态威胁，需进行更新治理，本项目对前湾片区 335 株无瓣海桑和 2 株拉关木进行更替治理。

香港通过大量的实验对比，对比小苗拔除、使用电锯砍除大树、砍除并覆土、砍除套上黑色塑料袋、砍除并使用除草剂、环剥树茎、注射除草剂这 7 种方法，发现人工拔除幼苗，锯除大树并覆土防止萌生是控制外来红树的有效手段³³。

参考香港清理海桑、无瓣海桑的多年经验，以及福田红树林生态公园南区无瓣海桑乔木及幼苗清理的实际经验；使用物理法清除，拔除幼树（苗），锯除大树并覆盖树桩防止萌生的方法。

更新采伐方法和质量要求：

（1）用电锯或手锯或其他手持式机械进行更新，完成移除项目范围内所有无瓣海桑植物、拉关木，树桩离地高度 5cm，并清除其出水通气根；手动拔除幼苗。

（2）为防止树桩萌蘖，应采取必要的控制措施。

（3）更新下来的所有材料，包括树干、枝叶、果实、花朵等，应及时装在容器或袋子中，及时清运出项目地。

（4）禁止砍伐任何非无瓣海桑的红树植物，本土红树植物需严格做好保护或保护性移植，确定区域进行移植复种。

6.2 本土红树恢复

本项目对 335 株无瓣海桑和 2 株拉关木更新采伐，根据《广东省湿地保护条例》等政策要求，需在前海深港合作区滨海休闲带的前湾片区补植本土红树秋茄、

³³ Tang, Wing Sze. The distribution, ecology, potential impacts and management of exotic plants, *Sonneratia apetala* and *S. caseolaris*, in Hong Kong mangroves[D]. City University of Hong Kong, 2009.

桐花树、白骨壤和木榄 500 株，选择 1-2 年生，高度 50-80 公分，冠幅 30-40 公分的苗进行种植，种植面积约 125 平方米。本土红树补植拟定在桂湾公园入海口图 6-1 位置。



图 6-1 拟定本土红树种植点

6.2.1 补植具备红树林生长的生境条件

红树林的修复种植可行性主要从生态学角度进行项目实施可行性分析：红树林生长发育必须适合 5 个基本生境条件，即：（1）热带、亚热带型温度；（2）适宜的滩面高程；（3）静浪的海岸；（4）适宜的盐度；（5）土壤条件。这些生态条件是本项目红树林修复是否可行的关键。

（1）热带、亚热带型温度条件：桂湾公园位于广东深圳前海。深圳属亚热带季风气候，长夏短冬，气候温和，日照充足，雨量充沛。年平均气温 23.3℃，历史极端最高气温 38.7℃，历史极端最低气温 0.2℃；一年中 1 月平均气温最低，平均为 15.7℃，7 月平均气温最高，平均为 29.0℃；年日照时数平均为 1853.0 小时；年降水量平均 1932.9 毫米，全年 86% 的雨量出现在汛期（4~9 月）。日照时间长，平均年日照时数 2120.5 小时，太阳年辐射量 5225 年兆焦耳/平方米。这些条件可以满足红树林植物的生长。

（2）滩面高程条件：潮间带从海面向陆地顺序可分为 3 个潮滩：低潮滩、中潮滩、高潮滩，原生红树林大多数分布于潮间带的中潮滩上，少数延伸到低潮

滩和高潮滩上，每个潮滩里分布着特定的红树林种类和群落演替阶段。

桂湾公园主要受到珠江口潮汐的影响，为弱潮型不规则半日潮，大高潮时潮差约 1.5 m，低高潮时潮差约 0.5m。拟定的乡土红树林种植区域高程处于潮间带的中高潮位，具有周期性的潮汐淹水，进行红树林宜林地构建后适合大部分的真红树林植物生长。

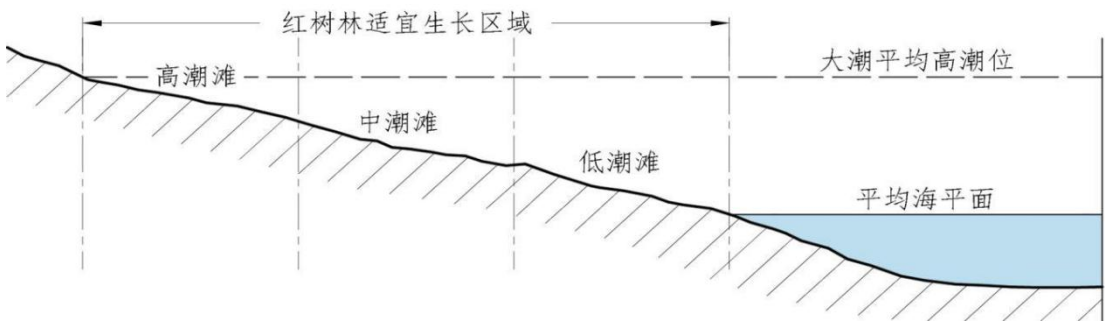


图 6-2 红树林适宜生长区域示意图

（3）静浪海岸条件：本项目区域地处珠江口东岸，位于前海湾内，是咸淡水交界处，地处内湾，风浪较小，可以进行红树林生态恢复造林。

（4）盐度条件：根据专业检测机构测定的本项目区域海水、海洋沉积物、海洋生物生态的报告，显示本项目区域海水盐度在 10‰-25‰间，为适合红树林生长的盐度条件，且区域附件的桂湾公园有种植的白骨壤、桐花树、秋茄、木榄等红树林植物，生长情况良好。因此，此区域有适合红树林植物生长的盐度。

（5）土壤条件：根据相关资料查阅，前海湾区域的滩涂底质类型主要为粉砂质粘土，氮磷碳的含量较为丰富，其中有机碳平均含量为 9.52%，总氮和总磷平均含量为 0.986mg/g 和 0.702mg/g。铜和铬的含量基本劣于一类海洋沉积物标准，个别区域的铬含量甚至劣于二类海洋沉积物标准，铅含量基本满足一类海洋沉积物标准。说明前海湾区域滩涂的土壤条件适合红树林的生长。

6.2.2 补植不会对桂湾河行洪造成影响

根据深圳河的情况，海桑属植物在深圳湾不仅在滩涂扩散，还呈现出往深圳河、新洲河以及新洲河故道沿河道两侧扩张的趋势。河道两侧生长红树植物，容易引起滩地淤积，从而减少河道过水面积进而影响河道行洪³⁴。可见无瓣海桑在

34 宾放. 在深圳河河道内种植红树林利弊分析[J]. 人民珠江, 1997, 000(001):32-33.

河道大面积生长会影响河道的行洪，项目对桂湾公园的无瓣海桑进行清理，能一定程度减轻这一影响。同时乡土红树的补植选取在桂湾公园入海口的位置，种植的为低矮的乡土红树，不会对桂湾河行洪造成影响。

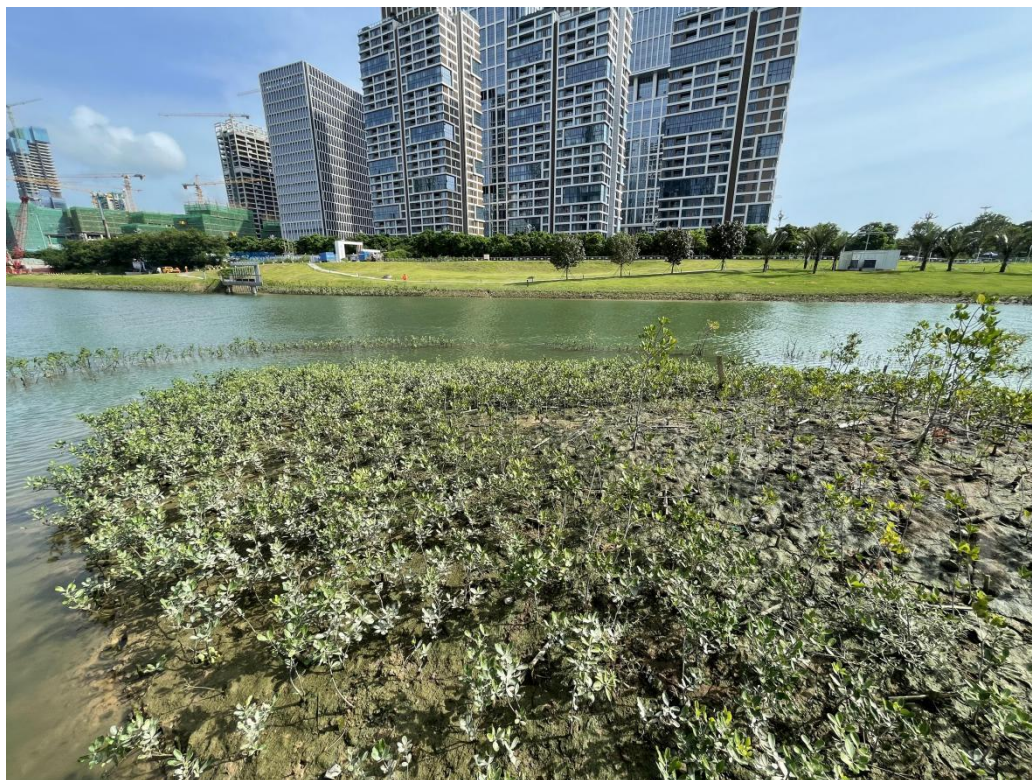


图6-3 红树种植不会影响桂庙河主河道

6.2.3 林地清理与宜林地整地

林地清理与整地。清除造林地的渔网、漂杂物和塑料垃圾等。

6.2.4 种苗选择

选择广东苗圃培育的秋茄、桐花树、白骨壤、木榄种苗。

6.2.5 种植技术

造林苗木全部采用营养袋苗。苗木要求：苗高 30~50cm，苗木要求生长健康、没有病虫害和严重的机械类损伤、顶芽生长饱满没有损伤，根部发育良好并且长势良好。

红树林是密生植物，红树林人工造林容易受海域众多自然灾害因素影响，造林密度宜大些。本项目补植红树林种植密度为 $0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ ，即 4 株/平方米。

种植前将根部外侧的营养袋撕掉。

挖穴时要拉线定穴，以保持美观。

根据幼苗营养袋大小和根系情况挖穴，穴的大小以放入根部土团时不损伤根系为宜。将苗木扶正放入穴中，保持根系自然伸长，种植深度比原根际深 2~3cm，舒根、填平。

6.2.6 幼林管护

(1) 设置标志、围栏，并且要安排专人定期管护。有需要情况下在红树林种植地块分区块设置围栏，禁止围网捕鱼、挖取海滩动植物等危害红树幼苗生长的人为活动，防止人为破坏，禁止船只通行和停靠。

(2) 因地制宜采取防风、消浪措施，部分滩涂可根据需要采用围栏、木桩墙等防浪消浪设施减少对幼树的损害。

(3) 加强巡逻，及时发现并清理幼树上的藤壶、垃圾、大型藻类。特别是种植第 2、3 年藤壶危害极其严重，必须经常性深入造林地巡逻，一旦发现有藤壶附着，立即采取措施予以清除，做到“早预防、早发现、早清除”。

(4) 病虫害及有害生物防治。加强对病虫害及有害生物的监测和预测预报，配备防治设施、设备，及早发现，及时治理。

(5) 及时补植，特别是台风、风暴潮、寒潮等，强台风和风暴潮形成灾害链及极端寒潮等灾害性天气，一旦受损死亡则需要使用容器苗或胚轴苗进行补植，确保种植成效。

6.3 秋茄移植

红树林是自然分别于热带、亚热带海岸潮间带的木本植物群落，是海难上特有的森林类型。红树林的生态系统处于海洋和陆地的动态交界面，作为独特的海陆边沿生态系统，在自然平衡状态中起着特殊作用。由于红树林的根系的特殊性，尤其大树移栽成活率较低，损失非常大。因此，本项目在红树林移植前进行了认真调研，针对其特定的地理位置与根系的特殊性制定了一套高成活率的移栽方案。



图6-4 需移植的秋茄

6.3.1 移栽苗龄

根系是影响苗木移栽成活率最重要的因素之一。红树植物根系较浅但根冠比高于其他植物，特别是生长健壮的幼苗期。因此，树龄越高成活率越低，反之成活率越高。根据以往相关移植工程，树龄在 1~5 年的秋茄、木榄等红树科植物移植成活率可达 80%以上，高于 5 年的树龄移植成活率相对较低，并随树龄的增长而成活率降低。在项目范围内的本土红树，根据现场的判断，此区域本土红树林树龄秋茄在 2-3 年左右，在树龄成活率上相对有一定优势，措施等当基本能全部成活。

6.3.2 种植区准备

红树林属于潮间带植物，种植的高程必须严格控制，种植区的高程尤为关键。根据现场情况，乡土红树林品种进行就地移植，种植区建议就在前海深港合作区滨海休闲带的前湾片区的适宜区域。

6.3.3 移植前的修剪和断根

移植前须进行修剪和断根，修剪是移植前对红树林露出地上部分进行处理的主要措施，目的是尽量保持红树林露出地上部和地下部的平衡关系。凡是重复枝，病枯枝，过密交叉枝，徒长枝等均应剪除。为了减少蒸腾量应将整株树的叶片剪去 $1/3-2/3$ ，保留枝条顶端的新叶芽，以减少养分的损耗，促进根系的恢复，待新芽长出后，旧叶会自动脱落。

由于处于淤泥细致而缺氧的土壤环境，又受到周期性潮汐海水的侵泽和冲击，红树林根系产生各种适应形态，以有利于植株的呼吸和抵抗风浪的冲击。因此，其根系以靠近地表、耐泥埋的水平生长的揽状根和表面根为主，还有适应泥滩环境的枝条长出的垂直长向地面的气生根、扩大固着能力的板状根及拱状支柱根和呼吸根。根系较脆、易折断，土球的直径于树冠的比例为 **1: 4**，土球过小会伤害过多的根系；土球过大，容易断根，且增加不必要的运输困难，影响成活率。就地断根，将植株的主根和侧根剪断，保留适当的土球淤泥，就地放置 **1-2** 周进行炼苗，让红树在原生环境中可以修复部分根系，以提供移植的成活率。

6.3.4 起挖苗木

挖掘前一般先用草绳将树冠捆拢，其松紧程度以不折段树枝又不影响操作为宜，项目需要移植的秋茄、老鼠簕冠幅都非常小，无需进行树冠捆拢。起挖大苗后放置在大小适中的种植袋中，搬运时要轻拿轻放，避免开始恢复的根系再次受到人为损伤。

6.3.5 苗木定植

苗木定植采用即挖即运即栽的方法进行实施，因为起挖区与栽种区距离很近，这样就不会让挖掘出来的苗木因暴露在外太久的原因而影响成活率。在起挖苗木的同时应把定植基面整理好，其宽度应比土球大 **30~40cm**，深度比土球深 **20~30cm**，苗木入基时应随种植袋轻拿轻放，用手扶正并轻提。覆土的高度不要太高，以刚能覆住支柱根为宜。定植完毕后，要设立支柱支撑苗木，防止因潮水涨落或大风吹袭而歪斜、倾倒，确保不被摇动。

6.3.6 栽植后的养护管理

红树林移栽定植后，及时采取相关措施防止潮水涨落冲刷和过渡浸泡移栽

好的红树林，降低不利影响。同时，红树林的茎和枝干等部位容易被藤壶等有害生物附着，必须及时对附着严重的情况进行人工清除，保证植株健康生长。密切关注病虫害状况，根据具体情况做好防治工作。根据深圳的天气变化，在高温天气适当喷淋淡水，以降低叶面的温度，保持一定的湿度。

7、修复效果评估和适应性管理

7.1 修复效果评估

本项目的开展，可以有效抑制无瓣海桑和拉关木在前湾片区的扩散，为本土红树植物保障生存空间，从而维护植物群落的多样性。同时，潮沟、光滩、浅水水域等红树林湿地生境的维持，提高了红树林湿地的生物多样性，从而保障了底栖生物的生存空间、鸟类的觅食、栖息空间。

（1）对前海深港合作区滨海休闲带的前湾片区的外来红树无瓣海桑和拉关木全面清理后进行拍照记录，一个月后监测老桩的萌芽情况。

（2）每半年进行一次全区域的巡护，监测是否有新的无瓣海桑和拉关木幼苗生长，观测本土红树生长状况。

（3）选择无瓣海桑成片生长侵占的潮沟和浅水水域作为长期监测点，按照《红树林生态监测技术规程》调查清理前后的底栖生物和鸟类状况，评估修复的成效。

7.2 适应性管理

依据以往经验，无瓣海桑和拉关木清除后，土壤中存在的种子库或是其他区域的种子飘过来，在一定时间内，项目所在地仍然会有幼苗逸生。因此，每半年进行一次全区域的巡护，监测是否有新的无瓣海桑和拉关木幼苗生长，如有及时进行清理，特别是潮沟和浅水区域。

七、项目预算

前海深港合作区滨海休闲带前湾片区的无瓣海桑和拉关木均在离岸较近的潮间带，植株胸径大于 10 厘米，高度大于 4 米的有 34 株，其他均为 1-2.5 米的小树，治理难度不大。修复种植的本土红树也有基本合适的宜林地，便于修复。

由于项目后期需要较长时间维护和监测，故本预算以无瓣海桑和拉关木治理及三年维护、监测为项目内容估算所需费用，共计 24.9 万元。项目所需费用由深圳市前海建设投资控股集团承担。

表 项目预算表

序号	项目名称	单位	工程量	综合单价(元)	总价(元)
1	本底调查及方案编制	项	1	100000	100000
2	无瓣海桑和拉关木治理（小树）	株	300	50	15000
3	无瓣海桑治理（大树）	株	34	1000	34000
4	本土红树修复	株	500	80	40000
5	三年维护	年	3	10000	30000
5	监测评估	项	1	30000	30000
	合计				249000