

浅析珠海海岛生态修复技术实践

杨佳君 罗红艳

珠海市格馨园艺有限公司 广东 珠海 519000

【摘要】：海岛是海洋生态系统中，十分重要的组成部分，且海岛作为中国沿海城市发展的第二经济带，是保护海洋生态环境的重要平台。通过分析国内外海岛生态修复研究的一些成果，对海岛生态修复的理论基础、生态修复技术方法进行了总结。目前，海岛生态修复仍处于基础性研究阶段，修复理论、模式技术及相关案例数据等方面的尚不够成熟，还需进行更加深入的研究。本文通过三个珠海市海岛项目的亲身实践验证，重点研究创新性构建“格构梁加固-智能灌溉-土壤改良-植物配置”四位一体技术体系，形成具有地域特色的海岛生态修复“抗风-耐盐-节水”的协同技术框架。

【关键词】：海岛生态修复；格构梁体系；水肥协同调控；盐碱土改良；抗逆植物群

DOI:10.12417/2811-0722.26.07.042

1 研究区域——东澳岛概况

在我国海域范围内，共有海岛 1.1 万余个，总面积达 6600km²，其中有 94% 属于无居民海岛，仅有居民海岛只近 500 个。而多数海岛大多面积狭小，地域相对独立，生态系统脆弱且比较单一，生物多样性指数一般不高，稳定性也较差，所以极易受到破坏。同时，现行的海岛开发工作管控力度不足，盲目性和破坏性开发情况突出，资源利用率低，生态环境问题严重，难以实现资源的可持续利用，一旦遭受破坏难以恢复。海岛地区经济社会发展形态模式与陆地不同，经济发展不平衡、不充分的问题更为突出^[1]。而珠海市作为粤港澳大湾区核心滨海城市，星罗棋布的海岛群落构成粤港澳大湾区 73% 的海岛资源，被称为千岛之城。珠海共计坐拥 146 座面积 ≥ 500m² 的海岛生态系统，其中基岩岛占比高达 90%。

东澳岛位于广东省珠海市香洲区万山镇东澳村，因在岛东侧的东澳湾，楔入中部约 1500 米，形成一块大凹部，故称东澳岛。海岛经度：113.709824、纬度：22.018387，面积 4.62 平方公里，环岛近岸 90 米内多礁石。北距珠海市区 27.5 公里，东北距香港大屿山 55 公里，西北距澳门 23 公里。岛内有简易公路 4 条，总长 14.6 公里，水源充足。

2 生态修复理论基础

2.1 海岛生态修复理论框架

海岛的生态系统修复就是将生态修复技术运用在海岛这样特殊的生态环境中。在恢复生态学中，生态恢复是帮助研究生态整合性的恢复和管理过程的科学。因此，生态修复是当生态环境遭受破坏之后利用现有的手段与工具，结合环境自身的调节能力来使环境恢复到原有的状态或向好的方向发展的技术^[8]。

一般情况下，海岛生态修复仅限于生态方面，如海岛植被修复、潮间带特殊生态系统修复、岛陆生态修复等方面。本文在遵循自然规律的基础上，对格构梁复绿等海岛生态修复工程进行多方面深入研究实践，通过覆绿技术手段强化加固裸露岩

面，根据多次实践论证总结出的适宜海岛生长植被品种和土壤改良技术与节水灌溉技术，保证在各种条件下创造有利于生态修复的持续性。在植物生长过程中形成的根系群，使栽培基质层具有了整体稳定的适宜植物生长的立地条件。

2.2 海岛土壤改良技术体系

东澳岛以铁铝土壤类型为主（图 1），土层深厚，质地黏重，肥力较差。种植前，针对贫瘠土壤，根据植被生态修复区域土壤类型的理化性状等特点，结合现场绿化植物的不同种类和特性要求，进行科学的种植土配土改良^[7]。

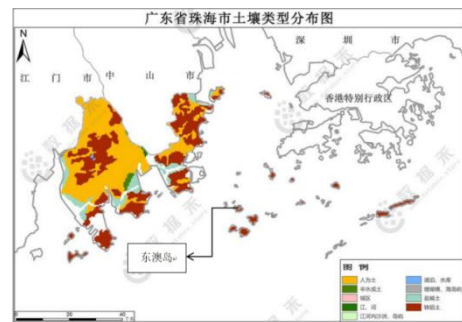


图 1 珠海市土壤类型分布图

Fig.1 Distribution map of soil types in Zhuhai

2.2.1 物理结构改良技术

对应问题：砂砾土渗透性强，保水性差，土壤贫瘠；

解决方案：

- (1) 骨料级配优化（应用于伶仃海岸二期（D1-A）项目）
- (2) 结构稳定性增强（应用于油库公路边坡项目）

2.2.2 化学性质改良技术

存在问题：盐渍化严重。

解决方案：

- (1) 脱硫石膏-有机肥联用（应用于小竹湾边坡项目）
- (2) 微生物活化技术（应用于伶仃海岸二期（D1-A）项目）

2.2.3 生物功能强化技术

对应问题：土壤长效肥力不足，根系生长困难。

解决方案：

- (1) 根际微生态构建（应用于油库公路边坡项目）
- (2) 功能性添加剂应用（应用于小竹湾边坡项目）

3 生态修复项目概况

由于隔离性和受大气环流影响大，海岛生态系统在干扰下极易退化且不易恢复。海岛植被在维持全球的生物多样性中扮演着十分重要的角色，而当前气候变化和人类活动等诸多因素导致海岛植被大量退化，以及海岛地理位置特殊，生境恶劣。因此，海岛植被恢复的理论和实践研究极为重要。该文以珠海东澳岛伶仃海岸二期（D1-A）项目地块护坡复绿工程项目（简称伶仃海岸二期（D1-A）项目）、东澳岛油库公路边坡生态环境恢复治理项目（简称油库公路边坡项目）和珠海东澳岛小竹湾边坡复绿项目（简称小竹湾边坡项目）这三个项目（图2）实践成果和成功经验，探究何种技术和修复方式对东澳岛的植被恢复起重大作用，进而形成理论化、流程化的海岛生态修复技术，为其他海岛生态修复提供强力的理论和实践数据。

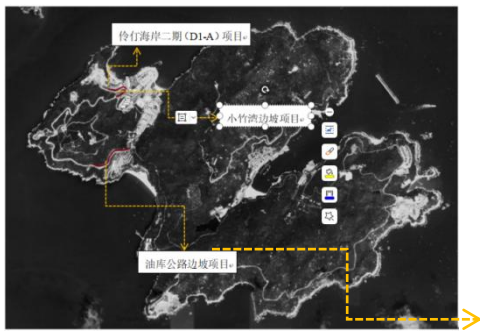


图2 海岛项目分布图
Fig.2 distribution of island projects

3.1 伶仃海岸二期（D1-A）项目介绍

3.1.1 工程概况

本项目地理位置于岛西北侧，采光不佳，为背风面。工程为框架梁护坡复绿工程，通过采用人工袋植灌木结合喷播技术，并配套建设水肥灌溉系统，旨在实现生态复绿与水土保持的双重目标。该方式能充分利用植生袋的特性，为植被生长提供稳定的基质环境，同时借助喷播技术使草籽、灌木种子等均匀分布，配合灌溉系统保障水分和养分供给，有效恢复边坡生态环境，防止水土流失，增强护坡抗冲刷能力。

3.1.2 生态修复施工工艺及技术要求

(1) 边坡预处理。坡面修整：为确保坡面的平整度和稳定性，需对坡面进行细致修整。首先，采用凿削或嵌补的方式，将坡面处理至单框格内起伏 $\leq 30\text{mm}/3\text{m}$ 的标准。对于超挖区域，采用轻体砖或钢筋框条进行加固，以防止坡面局部坍塌或变形。在修整过程中，同时清理浮石、松动岩体等不稳定因素，

彻底消除可能影响坡面稳定和后续施工的隐患，为后续的植生袋施工和植被种植创造良好的基础条件。

排水措施：结合坡面实际情况，合理设置临时截水沟。截水沟的设置位置和坡度应根据坡面的汇水方向和流量进行科学规划，确保能够有效拦截雨水，防止雨水直接冲刷施工面，避免造成坡面土壤流失和施工材料的冲刷破坏。

(2) 植生袋施工。填充基材要求：配比：按照种植土:河砂:泥炭土=6:2:2的比例进行填充基材的配制。在配制过程中，需严格检测土质的pH值，确保其在6.5-7.5之间，同时含盐量 $\leq 0.3\%$ ，以满足植被生长对土壤酸碱度和盐分含量的要求。

添加剂：添加适量的复合肥（N-P-K=15-15-15）和过磷酸钙（ $\text{P}_2\text{O}_5 \geq 18\%$ ）作为土壤改良剂。其中，复合肥的添加量为 $0.15\text{-}0.2\text{kg}/\text{m}^3$ ，过磷酸钙的添加量为 $0.2\text{-}0.25\text{kg}/\text{m}^3$ 。添加后需搅拌均匀，搅拌时间 ≥ 5 分钟，确保添加剂在填充基材中分布均匀，充分发挥其对植被生长的促进作用。

(3) 植被种植。喷播工艺：将种子（混播草籽40%+四季青40%+野花20%，用量1斤/3 m^2 ）与基材（纸浆:有机肥:保水剂:粘合剂=5:2:1:1）按照规定比例混合均匀，然后采用喷播设备进行喷播，喷播厚度 $\geq 3\text{cm}$ ，喷播压力控制在0.8-1.2MPa之间。通过合理的喷播工艺，使种子能够均匀分布在坡面，与填充基材充分接触，为种子萌发和植被生长提供良好的条件。

在喷播完成后，采用无纺布覆盖坡面。无纺布的覆盖可以起到保湿、保温、防止雨水冲刷等作用，有助于种子的萌发和幼苗的生长。

扦插要求：对于鸭脚木（高度40-50cm，冠幅 $\geq 20\text{cm}$ ）和胡枝子（高度30-40cm，根系完整）等灌木，按照穴距30cm \times 30cm、深20cm的规格进行扦插。扦插时，先挖好穴位，将灌木苗放入穴位后，回填种植土并压实，确保灌木苗能够稳固扎根，提高其成活率。

灌溉系统：本项目灌溉系统采用了自动喷淋（智能控制）与人工辅助灌溉相结合的配置方式，并且运用分区轮灌模式。这种配置方式旨在充分发挥自动化控制的便捷与高效，同时保留人工辅助灌溉的灵活性，以应对可能出现的各种灌溉需求。分区轮灌模式则有助于合理分配水资源，提高灌溉的均匀性和效率。

在设计原则方面，遵循全覆盖、节水高效的理念，确保整个灌溉区域都能得到有效灌溉，同时最大限度地节约水资源。此外，考虑到实际应用场景的特殊性，系统需适应坡面地形，能够在坡面上稳定运行并实现良好的灌溉效果。并且，由于处于海岛环境，还需具备抗海岛盐雾腐蚀的能力，以保证系统各部件的使用寿命和性能。

3.2 小竹湾边坡项目介绍

3.2.1 项目概述

珠海东澳岛小竹湾边坡复绿项目采光较好，位于迎风面。项目旨在通过一系列科学合理的施工措施，对该区域边坡进行生态修复，实现植被覆盖、增强坡面稳定性，达到生态环境改善的目标。

3.2.2 生态修复施工工艺及技术要求

(1) 土壤改良配比（体积比）：采用种植土:泥炭土:肥料=7:2.5:0.5的配比进行土壤改良。种植土作为主要的土壤成分，为植被生长提供基本的支撑和养分承载基础。泥炭土具有良好的保水保肥性能，能够在一定程度上调节土壤的湿度和肥力状况，补充种植土在这方面可能存在的不足。肥料的添加则是为了给植被生长初期提供充足的养分供给，促进其快速扎根和生长。将这三种成分按照规定比例混合后均匀铺设于坡面，使得坡面土壤具备适宜植被生长的肥力、保水保肥等综合性能。

(2) 生态带装填：首先要填充土壤改良后的混合基质。这是因为经过改良的混合基质已经具备了适合植被生长的各种条件，将其装填进生态带内，能够为后续种植在生态带中的植被提供一个相对独立且优质的生长环境。生态带作为一种局部的植被培育载体，其内部土壤质量直接关系到植被的生长状况。

(3) 灌溉要求：覆盖全坡面，保障灌溉均匀性。喷淋系统的主要功能是为坡面上的植被提供充足的水分供给，以保证其正常生长。覆盖全坡面能够确保每一处植被都能得到灌溉，避免出现局部干旱的情况。保障灌溉均匀性则是为了让植被在生长过程中能够均匀地吸收水分，防止因水分不均导致部分植被生长过旺而部分植被生长不良的现象，从而实现整个坡面植被的健康、协调生长。

4 结论与展望

4.1 核心结论

创新研发海岛生态修复土壤改良，实现生态修复长效基

参考文献：

- [1] 孙元敏,陈彬,俞炜炜,等.海岛资源开发活动的生态环境影响及保护对策研究[J].海洋开发与管理,2010,27(06).
- [2] 周厚诚,任海,彭少麟.广东南澳岛次生林的群落结构分析[J].2001,8.
- [3] 许滔山,曾剑,阎恩荣.基于植物功能性状的海岛植被恢复——以舟山群岛中街山列岛为例[J].生态学报,2025,25(7).
- [4] 任海,彭少麟.恢复生态学导论[M].北京:科学出版社,2000
- [5] 高鹏,陈征宙,邵长云,何清雨,刘裕华.结合生态恢复的某工程边坡支护设计[J].高校地质学报,2006.9,12(3).
- [6] 吴姗姗,刘智训.关于海岛生态整治修复及保护项目的思考和建议[J].海洋开发与管理,2013,30(04):9-12.
- [7] 丘旭源,王晓华.海岛植被生态修复技术应用研究[J].人民长江,2020,3(3).
- [8] 唐伟,陈燕珍,葛清忠,杨敏.海岛生态修复措施探讨[J].海洋开发与管理,2013,30(9):16-17.
- [9] 易芮冰,王树东,等.盐渍化土壤的植物修复[J].土壤科学,2021,9(2):77-80.

质：

优化节水灌溉，保障海岛生态修复淡水资源高校利用；

结合《海岛生态修复技术指南——植被修复》，构建东澳岛海岛生态修复植物名录（表10），包含15种以上先锋植物的种质资源库（包含：木麻黄、鱼尾葵、孝顺竹、夹竹桃、首冠藤、马鞍藤、海刀豆、羊角藤、糖蜜草、鸭脚木、翠芦莉、大红花、勒杜鹃、继木、小驳骨、猪屎豆），成活率突破95%。

4.2 应用前景

技术推广：在万山群岛等7大岛群建立示范工程；

标准建设：主导编制《滨海基岩海岛生态修复技术规程》（Q/GDSE2024）；

智慧升级：研发基于物联网的生态监测预警系统（V1.0 著作权号 2023SR08621）。

适用普化性：开展适用于我国众多海岛不同生境和多目标功能的植被恢复研究，为海岛生态修复和保护性开发提供科学支撑。

4.3 植物配置的生态优化策略

根据生态学理论，一般选用当地的乡土类植物建立起来的植物群落更易于向稳定的植物群落发展，因为乡土植物通过不同类间竞争已适应了当地的生存环境，他们比外来物种对当地的气候适应能力更强。但是，乡土植物种子不易大量采集，不利于坡面绿化的大量应用。因此，可以采用与乡土植物的生理、生态等特性相近的且易于大量获得的外来牧草类、草坪类植物种作为先锋型植物，先在坡面营造外来先锋植物群落，然后再演替为乡土植物群落，达到坡面生态恢复的目的^[5]。

对海岛上的裸露土层进行植被生态修复时，应尽量选择当地乡土品种或外来适应性植物，这些植物一定是具备耐干旱、耐贫瘠、耐盐雾、抗台风、抗逆性强和易于后期养护等特点，并且能多种植物混生，生长适应性十分良好。植物选配考虑提升物种多样性和海岛植物群落的稳定性，以降低虫害的干扰，促进生态系统的稳定^[7]。