珊瑚礁型海洋牧场建设规范
编制说明

编制组

二 O 二三年九月

目　　次

一、 项目简况.....3
（一） 标准名称：.....3
（二） 任务来源（项目计划号）.....3
（三） 起草单位.....3
（四） 单位地址.....3
（五） 参与起草单位.....3
（六） 标准起草人：.....3
二、 编制情况.....4
（一） 编制标准的必要性和意义及背景.....4
（二） 编制过程简介.....4
（三） 制定标准的原则和依据，与现行法律法规、标准的关系.....5
1. 本标准涉及的基本原则.....5
2. 与现行法律法规、标准的关系.....5
（四） 主要条款的说明，主要术指标、参数试验验的论述.....6
1. 主要条款.....6
2. 主要技术指标、参数.....6
3. 试验证的论述.....22
（五） 标准中如果涉及专利，应有明确的知识产权说明.....23
（六） 采用国际标准或国外先进标准的，说明采标程度，以及国内外同类标准水平的对比情况.....23
（七） 重大分歧意见的处理依据和结果.....23
（八） 贯彻标准的要求和措施建议.....23
1. 组织措施.....23
2. 技术措施.....23
3. 过渡办法.....23
4. 实施日期.....23
（九） 预期效果.....23
（十） 其他应予说明的事项.....23
三、 附件材料.....24
四、 其它参考标准.....25
五、 参考文献.....26

一、项目简况

（一）标准名称：珊瑚礁型海洋牧场建设规范

（二）任务来源（项目计划号）：2022-Z-088

（三）起草单位：海南省海洋与渔业科学院

（四）单位地址：海南省海口市美兰区白驹大道 12 号

（五）参与起草单位：海南大学、海南热带海洋学院、自然资源部第三海洋研究所、国家海洋局南海环境监测中心、中国科学院南海海洋研究所、中国渔业协会观赏生物分会、海南蓝泰邦生物技术有限公司

（六）标准起草人：

表 1 标准起草人

序号	姓名	单位	职务	职称	任务分工	联系方式
1	吴钟解	海南省海洋与渔业科学院	所长	副研究员	负责承担项目的总体任务	13307669682
2	周智	海南大学	副院长	研究员	负责标准的工作流程、珊瑚礁生态诊断和修复可行性评估、部分附录 A、附录 B	18876992599
3	王道儒	海南热带海洋学院	副校长	研究员	负责标准校稿	13907582379
4	李元超	海南省海洋与渔业科学院	主任	副研究员	负责标准的生态调查、部分珊瑚移植、部分监测评估	13637553830
5	黄丁勇	自然资源部第三海洋研究	技术员	副研究员	负责生态修复后期维护与跟踪监测部分的编写	15960280535
6	郑新庆	自然资源部第三海洋研究	站长	研究员	负责修复可行性评估与生态修复后期跟踪监测部分的编写、部分附录 A、附录 B	18959203112
7	蔡文启	海南省海洋与渔业科学院	技术员	助理工程师	负责整理编辑标准、负责术语和定义、部分珊瑚礁生态调查、部分珊瑚移植方案编写、部分附录 A、附录 C	18189853571
8	刘兆群	海南大学	教师	教授	负责收集整理相关材料	18042638097
9	刘维	海南省海洋与渔业科学院	副所长	高级工程师	负责海洋牧场生物功能恢复部分工作	13648612823
10	吴程宏	海南省海洋与渔业科学院	技术员	工程师	负责海洋牧场生物功能恢复部分工作	13086096941
11	郁强	海南省海洋与渔业科学院	技术员	助理工程师	负责收集整理送审意见	15006291578
12	杨超杰	海南热带海洋学院	教师	教授	负责珊瑚礁型海洋牧场礁体修复建设	18789005650
13	邢大禹	海南建功海洋科技有限公司	经理	工程师	负责珊瑚礁型海洋牧场建设施工	18601268833
14	翁文明	海南椰林坡实业有限公司	经理	工程师	负责珊瑚礁型海洋牧场功能生物恢复	13368906333

二、编制情况

（一）编制标准的必要性和意义及背景

本标准的编制补充了珊瑚礁型海洋牧场建设的技术规范，标准的建立有利于规范我省海洋牧场的珊瑚修复、珊瑚种质保护、礁体建设等建设技术实施，避免不合理的规划和设计以及不规范的施工和管理，减少对退化珊瑚礁生态系统在修复过程中的二次破坏，提高海洋牧场珊瑚礁生态修复效率。

本标准的编制在于综合推进我国退化珊瑚礁的生态修复与海洋牧场建设技术的应用发展，建立基于海洋牧场的珊瑚礁资源保护和修复模式，规范我省珊瑚礁型海洋牧场科学选址、布局、建设、评价和管护，提高我省在珊瑚礁型海洋牧场建设技术的标准化程度。形成的标准对于构建海洋牧场和恢复珊瑚礁生态功能具有重要技术指导，有利于提高我省海洋生态文明建设，建立可持续性发展的海洋经济。

我国的南海海域面积广阔，拥有得天独厚的岛礁资源与环境优势，具有巨大的开发利用潜力。从中共十八大报告“海洋强国”战略提出，到党的十九大报告进一步指出“坚持陆海统筹，加快建设海洋强国”的背景之下，海南省正逐步推进南海岛礁珊瑚礁资源的保护与修复工作。海洋牧场建设是集生境修复、资源养护、休闲渔业和景观生态于一体的渔业生产新业态，可实现海洋经济开发、社会发展和海洋生态环境保护并行，但目前海南省海洋牧场建设在统筹推进经济建设和生态文明建设的协调性仍相对滞后。倘若能充分利用南海热带岛礁海域的资源与环境优势，大力发展热带海洋牧场珊瑚礁资源的恢复与修复工作，将是南海实现“海洋强国”战略的重要举措。

（二）编制过程简介

2022 年 6 月 29 日，海南省海洋与渔业科学院与海南建功海洋科技有限公司共同承担海南省农业农村厅委托的《海南省珊瑚礁资源养护型海洋牧场规范及标准建设》项目，根据项目要求成立标准编制小组，成员有吴钟解、周智、王道儒、李元超、黄丁勇、郑新庆、蔡文启、刘兆群、刘维、吴程宏、杨超杰、郁强、邢大禹、翁文明等。

标准起草过程：分析总结国内外珊瑚礁资源恢复与修复相关理论与实践成果，梳理制定珊瑚礁资源恢复与修复工作流程，开展珊瑚礁资源恢复与修复主要内容及可行性论证的研究；学习相关的法律法规和标准化工作导则等文件，组织起草标准及其编制说明，开展分界洲珊瑚礁生态修复实验验证、清澜港 5000 吨级航道扩建填海造地珊瑚礁修复验证和万宁乌场一级渔港珊瑚移植修复验证；针对标准中涉及的框架及其关键要素，进行专家咨询和研讨，汇总和整理珊瑚礁资

源恢复与修复的主要目标、主要标准、工作流程等修复。完成《珊瑚礁型海洋牧场建设指南》征求意见稿。

征求意见情况：2023 年 7 月，由起草单位牵头负责通过函审征求专家意见，共向 5 个有关行业单位、科研院所、大专院校及有代表性的标准利益方发函征求意见。截止 2023 年 9 月，征求意见收到国家海洋标准计量中心、国家海洋环境监测中心、中国科学院南海海洋研究所、自然资源部南海生态中心浙、江海洋大学共 5 家单位的回函，共 58 条意见，最终采纳意见 49 条，补充说明意见 2 条，未采纳意见 7 条。

审查情况：2023 年 9 月 8 日，根据《海南省市场监督管理局关于下达海南省 2022 年第三批地方标准制修订项目计划的通知》要求，召开海南省地方标准专家征求意见会，来自海南大学、海南省水产品质量安全检测中心、海南热带海洋学院和海南省海洋与渔业科学院等 4 单位专家组成审查组，审查组认审阅了相关材料，经质询和讨论，提出了修改建议，并一致认为，《珊瑚礁型海洋牧场建设指南》建议修改完善后报批。于 2023 年 9 月形成标准报批稿

报批情况:起草组根据审查意见对标准送审稿做了修改和完编制说明及其他相关文件，报至海南省农业农村厅。

（三）制定标准的原则和依据，与现行法律法规、标准的关系

1. 本标准涉及的基本原则

本标准共有 5 项基本原则，分别是尊重自然属性、顺应自然属性性、保护自然属性性、生态系统性和循序渐进性。依据为习近平总书记在二十大报告中提出了“推动绿色发展，促进人与自然和谐共生”的要求，指出“大自然是人类赖以生存发展的基本条件。尊重自然、顺应自然、保护自然，是全面建设社会主义现代化国家的内在要求。

2. 与现行法律法规、标准的关系

本标准是依据《中华人民共和国海洋环境保护法》、《中华人民共和国标准化法》《国家级海洋牧场示范区建设规划（2017-2025 年）》、《国家级海洋牧场示范区管理工作规范》、《中华人民共和国海岛保护法》、《海南省珊瑚礁和砗磲保护规定》和《海南省海洋环境保护规定》等有关法律、法规和规范性文件制定的，是相关法律、法规和标准的细化和补充。与本标准密切相关的几个标准的关系如下：

（1）《海洋生态修复技术指南 第 2 部分：珊瑚礁生态修复》规定了珊瑚礁的工作流程、工作内容及技术要求，该标准着重珊瑚礁多营养层次的生态系统保护与修复，对珊瑚礁生境（人工和自然）以及通过增殖放流的方式等进行综合规范。总体，本标准编制注重规范珊瑚礁型海洋牧场的建设，更具典型性。

（2）《珊瑚礁生态修复监测和效果评估指南》规范了珊瑚礁生态修复监测以及效果评估的标准，规定了与珊瑚礁生态修复效果密切相关监测指标，本标准

虽引荐了《珊瑚礁生态修复监测和效果评估指南》中的大部分关键监。测指标作为调查评估的评估指标，但本标准效果评估根据珊瑚礁型海洋牧场的关键效果指标进行赋值评价，具有一定的客观性和有效性，较好的规范了珊瑚礁型海洋牧场的评估指标、方法和效果。

（3）《海洋牧场珊瑚礁建设技术规范》规定了海洋牧场珊瑚礁建设程序、本底调查、建设选址、建设类型和建设规模、技术方法、监测与评价、维护与管理等技术要求，本标准虽与该文件类型一致，但本标准是依据海南省环境特征，结合长期的实践，总结出的更有可实施性的地方性标准。

因此，本标准符合现行的法律法规，与现行标准协调一致。

（四）主要条款的说明，主要术指标、参数试验验的论述

1. 主要条款

本文件的章节由范围、规范性引用文件、术语和定义、基本原则、工作流程、建设目标、生态诊断、可行性分析、实施建设、效果评估、维护管理、附录组成。

2. 主要技术指标、参数

（1）范围

本文件规定了珊瑚礁型海洋牧场建设的基本原则、工作流程、目标设立、生态诊断、可行性分析、实施建设、效果评估、维护管理等技术要求。

本文件适用于珊瑚礁型海洋牧场建设。

（2）规范性引用文件

本标准涉及的内容主要参照：

GB/T12763.2 海洋调查规范 第 2 部分：海洋水文观测；

GB/T12763.9 海洋调查规范 第 9 部分：海洋生态调查指南；

GB 17378.3 海洋监测规范 第 3 部分：样本采集、贮存与运输；

GB 17378.4 海洋监测规范 第 4 部分：海水分析；

GB 3097 海水水质标准；GB/T 40946 海洋牧场建设技术指南；

GB/T 41339.1 海洋生态修复技术指南 第 1 部分：总则；

GB/T 41339.2 海洋生态修复技术指南 第 2 部分：珊瑚礁生态修复；

HY/T 082 珊瑚礁生态监测技术规程。

序号	术语	常用术语定义说明
1	海洋牧场	参照《海洋牧场建设技术指南来源》定义 3.1 海洋牧场
2	珊瑚礁型海洋牧场	参照《海洋牧场珊瑚礁建设技术规范》定义 3.1 海洋牧场珊瑚礁
3	功能生物	参照《珊瑚礁生态修复技术》（黄晖和张浴阳 2019）珊瑚礁的功能生物
4	功能生物恢复	参照《珊瑚礁生态修复技术》（黄晖和张浴阳 2019）珊瑚礁修复功能生物
5	人工礁保存率	参照《珊瑚礁生态修复监测和效果评估技术指南》（在编）7.5.3 人工礁保存率

6	移植造礁石珊瑚存活率	参照《珊瑚礁生态修复监测和效果评估技术指南》（在编）7.5.9 移植造礁石珊瑚存活率
7	移植造礁石珊瑚覆盖率	参照《珊瑚礁生态修复监测和效果评估技术指南》（在编）7.5.7 造礁珊瑚群落中的造礁珊瑚的覆盖率
8	移植造礁石珊瑚生长率	参照《珊瑚礁生态修复监测和效果评估技术指南》（在编）7.5.10 造礁石珊瑚生长率

（3）术语和定义

（4）基本原则

参照本文（三）1.本标准涉及的基本原则。

（5）工作流程

珊瑚礁型海洋牧场建设规范的工作流程主要是将 GB/T12763 海洋调查规范、HY/T 082 珊瑚礁生态监测技术规程、GB/T 41339.2 海洋生态修复技术指南第 2 部分：珊瑚礁生态修复、珊瑚礁生态修复监测和效果评估技术指南（在编）和《珊瑚礁生态修复技术》（黄晖和张浴阳 2019）中的珊瑚礁调查方法、珊瑚礁生态诊断、修复可行性、珊瑚礁修复方案、效果评估和管理维护等部分梳理整合，结合本单位长期的珊瑚礁修复工作、海洋牧场建设、渔业增殖放流等工作经验，再通过分界洲岛珊瑚礁型海洋牧场施工建设，提炼完善相关技术流程，最终总结形成。

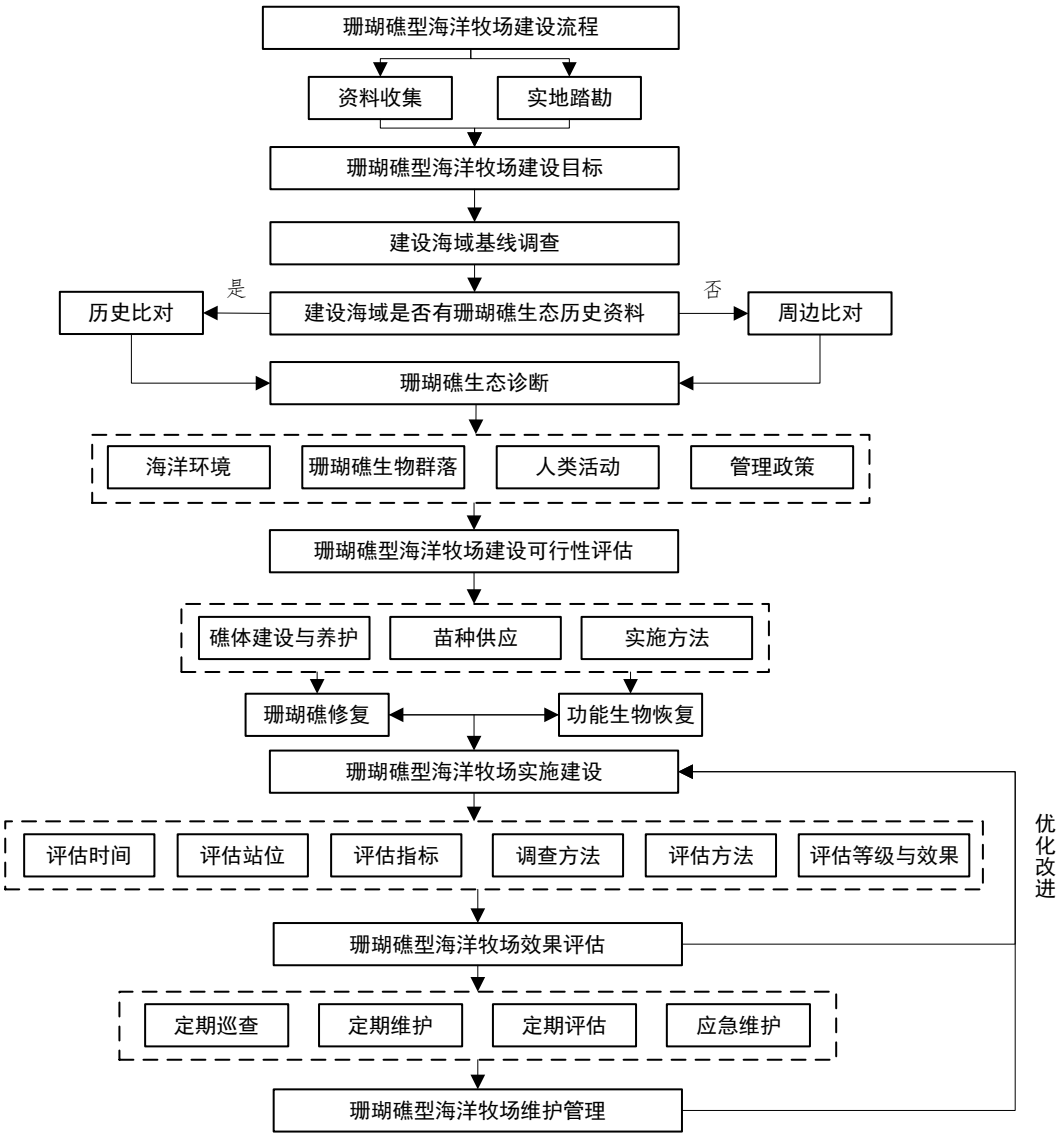

图 A.1 珊瑚礁型海洋牧场建设工作流程

（6）目标设立

贯彻落实习总书记“4·13”重要讲话和中央 12 号文件中关于“支持海南建设现代化海洋牧场"的重要指示批示精神。推动海南省海洋牧场项目建设，养护南海珊瑚礁资源，建设目标首先应以恢复框架生物为基础，其次是恢复珊瑚礁功能生物，维持珊瑚礁生态系统平衡和稳定，最终目标是改善珊瑚礁生态系统结构和功能，增强生态系统的自我恢复力，提升珊瑚礁型海洋牧场服务功能，发挥其应有的生态功能和社会及经济效益。

（7）生态诊断

依据珊瑚礁型海洋牧场的建设目标，对建设海域进行基线调查和生态等级划分与诊断，主要从海洋环境（包括海洋水文、海水水质、底质类型）、珊瑚礁生物群落、人类活动、管理政策这四大类出发。

7.1 基线调查

① 海洋水文

参照《中国动物志 腔肠动物门 石珊瑚目》等资料，确立本标准海洋水文主要对水深、流速、水温、盐度等进行监测，这些因素决定了珊瑚礁的生存及繁衍。由于珊瑚礁的共生机制，其对光的需求度较高，而海水深度与光照强度密切相关，因此海水深度是关系珊瑚礁健康的重要因素之一。造礁石珊瑚适宜生长在寡营养盐海域，海水的流动可以将水体中多余的营养物质被输出，有利于珊瑚的健康生长，过急的海流不利于珊瑚幼虫的生长附着。

依据《中国珊瑚礁质量公报》与三沙和海南岛造礁石珊瑚实际分布下限水深，海南岛周边珊瑚礁主要在海表面以浅 2~8 m 深度分布，三沙海域珊瑚礁主要在海表面以浅 2~30 m 深度分布，其余海水深度范围内珊瑚礁分布均较少。例如，西沙海域造礁石珊瑚主要分布在 30 米以浅，分布水深可以到 50 米左右见图 1。按照《DB37/T2982.2-2017 海洋牧场建设技术规范》等，确定 0.1~1.5 m/s 的水流最适宜造礁石珊瑚的健康生长，当水流过急或过缓都不适宜珊瑚礁的生长。依据《中国动物志 腔肠动物门 石珊瑚目》关于造礁石珊瑚适宜生长的月平均水温、月平均盐度的描述，针对海南省历年的调查数据，最终确定造礁石珊瑚最适宜生长的月平均水温为 26~28 ℃，不宜生长温度为小于 18 ℃或大于 31 ℃，其它温度范围适中；造礁石珊瑚最适宜生长的月平均盐度为 32~34 ppt，不宜生长盐度为小于 28 ppt 或大于 36 ppt，其它盐度范围适中。

图 1 西沙海域 30-50 米水深区域生境

② 海水水质

参照《海洋生态修复技术指南》和珊瑚礁生态系统的特性可知，水质 PH 值稳定有利于造礁石的钙化生长；较低的悬浮物浓度水体澄清透明，有利于造礁石珊瑚共生虫黄藻的光合作用；造礁石珊瑚适宜生长在寡营养盐海域，故此对 pH、

悬浮物、活性磷酸盐、无机氮等海水水质项目进行监测。调查的方法按照 GB 17378.3、GB 17378.4 的规定执行。

依据《GB/T 41339.2 海洋生态修复技术指南 第 2 部分：珊瑚礁生态修复》中规定 pH 应该维持在 8.0~8.35，水体悬浮物低于 10.0mg/L。悬浮物颗粒会阻碍海域上方太阳光辐射，光照强度降低，珊瑚的光自养条件受限。珊瑚礁海域属于贫营养海域，营养盐需要维持在较低水平。具体海水水质标准参照《GB 3097 海水水质标准》和《GB/T 41339.2 海洋生态修复技术指南 第 2 部分：珊瑚礁生态修复》。结合海南气候特点，总结珊瑚礁型海洋牧场海域海水水质参数宜均符合《GB 3097 海水水质标准》一类标准，符合二类标准次之，符合三类标准最次。

③ 底质类型

依据海南岛周边海域以及西沙海域底质类型情况，确定本标准监测底质类型主要是对礁石、珊瑚石、珊瑚碎片、砂、淤泥等项目。调查的方法按照 HY/T 082-2005 的规定执行。

选址区域的底质类型往往决定珊瑚礁型海洋牧场建设的成败，坚实的底质是基础。底质不宜有过多的砂、淤泥，因为砂、淤泥在海流的作用下会出现掩盖珊瑚礁的风险，且砂、淤泥掩盖对于珊瑚来说是致命的，会直接影响珊瑚的存活率(Furnas, et al., 1997)。在《GB/T 41339.2 海洋生态修复技术指南 第 2 部分：珊瑚礁生态修复》中也说明珊瑚礁修复海区的底质应首选表面碎屑与沉积物数量少的硬质珊瑚礁底质。因此修复区宜为珊瑚石或珊瑚碎片、砂任意组成与礁石的构成的底质，礁石、珊瑚石或珊瑚碎片、砂单一或任意组成的无淤泥底质次之，任何有淤泥的底质均为不宜。

④ 珊瑚礁生物群落

参照《Reef Rehabilitation Manual》、《Coral reef restoration handbook》、《珊瑚礁生态修复技术》和《GB/T 41339.2 珊瑚礁生态修复》等资料，确立本标准珊瑚礁生物群落主要是对造礁石珊瑚覆盖率、补充量，大型藻类覆盖率，核果螺密度，长棘海星密度等项目进行监测。调查的方法按照 HY/T 082-2005 的规定执行。

在资源养护型海洋牧场建设时必然要选择有珊瑚礁分布海域，如果没有珊瑚礁存在，说明该海域不适宜建设珊瑚礁型海洋牧场。当珊瑚覆盖率较高时，说明海域的珊瑚礁生态系统已然很健康，也就没有修复的必要性。因此，依据建设意义和目标，当海域珊瑚礁覆盖率在 5%~10% 时最适宜珊瑚礁型海洋牧场建设，珊瑚礁覆盖率小于或超出该范围，修复的适宜程度即次之。参考《中国珊瑚礁质量公报》，当造礁石珊瑚补充量大于等于 2 ind/m^2 已为最佳，造礁石珊瑚补充量在 0~2 ind/m^2 时为次，等于 0 时为不宜。依据《珊瑚礁生态修复监测和效果评估技术指南》，大型藻类覆盖率不宜超 10%，覆盖率为 0~10% 为宜，覆盖率为 0 时最佳。而长棘海星和核果螺为造礁石珊瑚的敌害生物，依据（李元超等，2019）

调查结果和《GB/T 41339.2 珊瑚礁生态修复》，长棘海星和核果螺密度不宜超过 10 ind/ha 和 2 ind/m^2，宜小于 10 ind/ha 和 2 ind/m^2，最宜为 0。

⑤ 人类活动

参照《中国珊瑚礁质量公报》等资料，确立本标准人类活动主要包括污染排放、海洋工程和渔业活动等项目。珊瑚礁属于较脆弱的海洋生态系统，极易受到人类活动的影响而被破坏，因此需要对相关的人类活动进行本底调查。调查的方法按照 GB/T 12763.9 的规定执行。

考虑到不同形式的人类活动难以量化，并且国际上缺乏相关由人类活动而造成的干扰水平等级的判定，因此在珊瑚礁型海洋牧场建设中尽量避免附近有污染排放、海洋工程和渔业活动等人类活动。可参考珊瑚礁保护区海域环境或历史无人类活动的珊瑚礁海域环境对有人类活动的海域环境进行评定，当人类活动对珊瑚生长基本无影响的为最佳，人类活动轻度影响且在珊瑚生长的耐受范围时为宜，人类活动影响严重且超出珊瑚生长的耐受范围时为不宜。

⑥ 管理政策

参照习近平总书记在全国生态环境保护大会上提出的生态文明建设管理政策，因地因时制宜、分区分类施策，确立生态保护修复的管理政策宜包括生态政策、社会政策和经济政策。

珊瑚礁型海洋牧场的建设不仅要能促进珊瑚礁生态的发展，也应该要提高海洋牧场建设的综合效益。依托海南典型热带海岛特色，通过珊瑚礁资源恢复建设海洋牧场，打造特色支柱产业，提升海洋经济，促进社会进步与发展。建设珊瑚礁型海洋牧场应均有利于生态保护、社会发展和经济开发为最佳，仅有利于生态保护，且有利于社会发展或经济开发为宜，仅有利于社会发展与经济开发为不宜。

7.2 调查站位

参照《珊瑚礁生态修复监测和效果评估技术指南》去选择调查站位。调查站位的布设，应根据建设海洋牧场面积大小布设站位，应做到全面覆盖、重点代表原则。调查站位布设需考虑生态修复区的海洋水文、海水水质、珊瑚礁生物群落等要素的空间差异，且突出重点代表。根据修复区面积大小布设站位：

——一般当修复区≦ 1 公顷时，调查站位宜布设 3 个以上；

——一般当修复区＞1 公顷时，每 0.5 公顷站位宜增设 1 个；

7.3 珊瑚礁生态等级划分与诊断

珊瑚礁生态等级划分依据海南珊瑚礁生态基线情况结合《海洋生态分类》（在编）等资料，确立珊瑚礁型海洋牧场的建设果可以从海洋环境、珊瑚礁生物群落、人类活动等多重压力下的生态系统承载力、生态系统的服务功能这四个方面的变化，进行生态等级划分及诊断见表 2，以此来判断海域的综合情况。

表 2 珊瑚礁生态等级划分与诊断表

珊瑚礁生态等级划分	生态等级指标				生态等级诊断
	海洋环境	珊瑚礁生物群落	人类活动等多重压力下的生态系统承载力	生态系统的服务功能	在≥1 年时间内活珊瑚覆盖率下降百分比
无退化	保持优良	整体稳定	不超出	正常发挥	下降低于 10%
轻度退化	基本优良	基本稳定	基本超出	主要服务功能尚能正常发挥	累计下降[10%,30%）之间
中度退化	发生退化	发生变化	已经超出	主要服务功能发生退化	累计下降[30%,60%）之间
重度退化	明显退化	明显变化	严重超出	主要服务功能严重退化或丧失	累计下降[60%,100%]之间

（8）可行性分析

8.1 评估指标及其赋分

结合生态基线调查结果，确立生态诊断的内容由四部分内容组成，包括海洋环境、珊瑚礁生物群落、人类活动和管理政策。参考《近岸海洋生态系统健康评价指南》等资料，结合本单位珊瑚礁修复的工作经验，经有关专家的分析质询，最终确立，海洋环境包括海洋水文、海水水质、底质类型，是造礁石珊瑚修复的基础，赋分 45 分；珊瑚礁生物群落是造礁石珊瑚修复的核心目标最为重要，赋分 35 分；人类活动包括污染排放、海洋工程和渔业活动，选择性强，赋分 15 分；管理政策包括生态政策、社会政策和经济政策，主要依据专家结合实际情况评判，赋分 5 分，合计 100 分。赋分的参考标准见表 B。

表 3 珊瑚礁型海洋牧场建设的海洋环境可行性评估

一级指标	欠适宜的赋分范围	较适宜的赋分范围	适宜的赋分范围
海洋水文	[0,12）	[12,16）	[16,20]
海水水质	[0,9）	[9,12）	[12,15]
底质类型	[0,6）	[6,8）	[8,10]

表 4 珊瑚礁型海洋牧场建设的珊瑚礁生物群落可行性评估

一级指标	欠适宜的赋分范围	较适宜的赋分范围	适宜的赋分范围
珊瑚礁生物群落	[0,21）	[21,28）	[28,35]

表 5 珊瑚礁型海洋牧场建设的人类活动可行性评估

一级指标	人类活动影响超出珊瑚生长的耐受范围	人类活动影响且在珊瑚生长的耐受范围	人类活动对珊瑚生长基本无影响
人类活动	[0,9）	[9,12）	[12,15]

表 6 珊瑚礁型海洋牧场建设的管理政策可行性评估

一级指标	仅有利于社会发展与经济开发	有利于生态保护，且有利于社会发展或经济开发	均有利于生态保护、社会发展和经济开发
管理政策	[0,3）	[3,4）	[4,5]

表 B 珊瑚礁型海洋牧场可行性评估指标赋分参照表

一级指标	二级指标 Pi	评估参考标准	赋分 $WIIi_x$
海洋水文	海水深度	海南岛近海：（0,8]　三沙海域：（0,30]	[4,5]

	m	海南岛近海：（8,20]　三沙海域：（30,50]	[3,4）
		海南岛近海：[20,∞）　三沙海域：[50,∞）	[0,3）
	流速 m/s	[0,1.5）	[4,5]
		[1.5,2]	[3,4）
		[0,0.1]或（2,∞）	[0,3）
	水温 ℃	[26,28]	[4,5]
		[18,30]	[3,4）
		（0,18）或（31,∞）	[0,3）
	盐度	[32,34]	[4,5]
		[30,36]	[3,4）
		（0,28）或（36,∞）	[0,3）
海水水质	pH、悬浮物 mg/L、活性磷酸盐 μg/L、无机氮 μg/L	修复区符合 GB 3097 海水水质一类标准	[12,15]
		修复区符合 GB 3097 海水水质二类标准	[9,12）
		修复区符合 GB 3097 海水水质三类标准	[0,9）
底质类型	礁石、珊瑚石、珊瑚碎片、砂、淤泥等	珊瑚石或珊瑚碎片、砂任意组成与礁石的构成的底质类型	[8,10]
		礁石、珊瑚石或珊瑚碎片、砂单一或任意组成的无淤泥底质类型	[6,8）
		珊瑚石或珊瑚碎片、砂等与淤泥组成的底质类型	[0,6）
珊瑚礁生物群落	造礁石珊瑚覆盖率 %	造礁石珊瑚覆盖率下降，群落结构出现轻度退化	[8,10]
		造礁石珊瑚覆盖率下降，群落结构发生中度退化	[6,8）
		造礁石珊瑚覆盖率下降，群落结构发生严重退化	[0,6）
	造礁石珊瑚补充量 ind/m^2	造礁石珊瑚补充量已高于同区域历史数据	[8,10]
		造礁石珊瑚补充量与同区域历史数据相持	[6,8）
		造礁石珊瑚补充量已低于同区域历史数据	[0,6）
	大型藻类覆盖率 %	大型藻类适宜分布，同造礁石珊瑚和谐共生	5
		大型藻类出现优势，对造礁石珊瑚存在风险	[3,5）
		大型藻类规模爆发，对造礁石珊瑚已成威胁	[0,3）
	核果螺密度 ind/m^2	核果螺密度为 0	5
		核果螺密度小于等于 2	[3,5）
		核果螺密度小于等于大于 2	[0,3）
	长棘海星密度 ind/hm^2	长棘海星密为 0	5
		长棘海星密小于等于 10	[3,5）
		长棘海星密大于 10	[0,3）
人类干扰	污染物排放	基本无影响	[4,5]
		轻度影响	[3,4）
		严重影响	[0,3）
	海洋工程	基本无影响	[4,5]
		轻度影响	[3,4）
		严重影响	[0,3）
	渔业活动	基本无影响	[4,5]
		轻度影响	[3,4）
		严重影响	[0,3）
管理政策	生态政策 社会政策 经济政策	均有生态保护、社会发展和经济开发政策支撑	[4,5]
		有生态保护政策，且有社会发展或经济开发政策支撑	[3,4）
		有社会发展与经济开发政策，无生态保护政策支撑	[0,3）

8.2 可行性评估方法

基于调查指标的监测数据，依次计算各个指标的分值，获取的总分值反应珊

瑚礁资源海洋牧场建设的可行性，计算方式如下：

a) 二级指标赋分计算

评估可行性的二级指标监测值按公式（1）计算：

$$\overline{P_i} = \sum_1^n P_i / n$$ .....（1）（结果保留一位小数）

式中，$\overline{P_i}$—该第i个指标的平均监测值；n—第i个指标的监测个数；P_i—第i个指标监测值；

珊瑚礁生态可行性评估赋分：根据公式（1）的计算结果，参照表B.1给出二级指标的赋分 $W\Pi_i$；

人类活动可行性评估指标赋分：参照表B.2给出二级指标的赋分 $W\Pi_i$；

管理政策可行性评估指标赋分：参照表B.3给出二级指标的赋分 $W\Pi_i$。

b) 一级指标赋分计算

评估可行性的一级指标赋分按公式（2）计算：

$$WI_i = \sum_1^n W\Pi_i$$ .....（2）（结果保留一位小数）

式中，WI_i—第i个一级指标的赋分；$W\Pi_i$—第i个二级指标赋分；n—二级指标数。

c) 综合总分计算

评估可行性的综合总分计算按公式（3）计算：

$$W = \sum_1^n WI_i$$ .....（3）（结果保留一位小数）

式中，W—综合总分；n—一级指标数；WI_i—第i个一级指标的赋分。

d) 珊瑚礁型洋牧场建设可行性评估

——W在[0,60）之间为低，表明具有较低的可行性，建议不开展珊瑚礁型海洋牧场的建设；

——在[60,80）之间为中，表明具有较高的可行性，较适合开展珊瑚礁型海洋牧场建设；宜通过人为适度的干预，进一步提高珊瑚礁型海洋牧场建设的可行性；

——在[80,100]之间为高，表明具有非常高的可行性，适合开展珊瑚礁型海洋牧场建设。

（9）实施建设

9.1 礁体建设与养护

9.1.1 人工礁体制作

人工礁体制作宜采用无污染、环保、坚固耐用、易加工制造、来源丰富、经济等的材料，礁体设计应充分考虑到水域自然条件和目的生物的生理、生态和行为特点，确定最有效的形状与结构，礁体结构应满足运输、安装和使用过程中的强度、稳定性和刚度要求。礁体制作前需要对基底承载力、滑移稳定性和倾覆稳定性等项目进行验算，以保证礁体稳定性和使用寿命。为避免海水侵蚀造成钢筋锈蚀引起礁体开裂，可采用钢筋混凝土构造，混凝土强度应符合 GB50010，不应低于 C20。因此，人工礁体制作应综合考虑建设海域的水深条件、底质状况、生物生活习性、气象条件、流场、施工及投放条件、技术经济可行性后进行优化设计，遵循海洋土木工程的一般设计准则和有关规定和《水运工程混凝土结构设计规范（JTS151-2011）》等的有关规定。

人工礁制作应满足但不限以下要求：

a) 生态环保性：投放的人工礁不会造成海域的污染；

b) 生物功能性：人工礁结构符合移植珊瑚和放流生物的习性要求；

c) 经久耐用性：人工礁的使用寿命至少为 30 年；

d) 经济便宜性：制作人工礁的材料易获得且便宜；

e) 操作简便性：人工礁制作、运输、投放和安置简便。

9.1.2 人工礁体布放要求

人工礁体投放区域应符合相关法律、法规、区划、规划等；礁体高度必须考虑投放区域的水深、底质及船舶的航行安全；投放区域应受台风、风暴潮等灾害性气象影响较小，水流交换通畅，流速宜＜1.5 米/秒，避免投放礁体移位、倾覆和埋没等；投放区域水深满足 0-20 m，海底地势平缓、坡度小（一般 i<5°），避开活体珊瑚、海草等生物投放；投放区域尽量选择珊瑚礁受损区域及饵料生物丰富的区域，能够满足对象生物的栖息、生长和繁育要求。

人工礁布放应满足但不限以下要求：

a) 规划符合性：符合海洋功能区划与渔业发展等相关海洋与渔业规划；

b) 礁体稳定性：符合稳定性要求，避免人工礁移位、倾覆和埋没等；

c) 生物保护性： 符合保护自然生物要求，避开活体珊瑚、海草等生物投放；

d) 生态功能性：能够改善功能生物的栖息、庇护、索饵、繁育等环境；

e) 地形适宜性：海底地形平坦或平缓，满足人工礁稳定摆放。

9.1.3 人工礁体布放措施

人工礁体投放前，需要对选定好的珊瑚修复区进行整备，清除海底垃圾和不利于珊瑚生长的藻类、海绵、核果螺、长棘海星等生物；选择天气较好、海浪平静的时间投放礁体，海况等级宜小于三级，避免因海浪影响，造成船只摇摆，造成礁体相互碰撞、堆叠等；在投放区域使用定位仪进行坐标定位，水深测定仪定位深度，并安放浮标，拟投放单位礁体的主礁体上面安装浮筒等标志物；对于水深较浅区域，可采用从船台直接投放，或用吊机把礁体吊至海面脱钩投放；对于水深较深区域，宜使用吊机从海面吊至海底再脱钩投放，以提高投放位置的精度和礁体稳定性；同时在投放过程中可配置潜水员实现更精准投放。

人工礁布放应包括但不限以下措施：

a) 投放前对区域进行清理以保证底质的整洁；

b) 投放前根据人工礁布局定坐标、打浮标、实现精准投放；

c) 投放时海况等级宜小于三级；

d) 投放时根据人工礁的大小、形状、重量和位置水深等条件选择合理的方法进行精准投放，保证过程安全和结果可靠。

9.1.4 自然礁体养护

自然礁体养护选址区域须具备实施珊瑚礁生态系统修复的自然条件，该区域珊瑚受敌害生物、大型藻类及人类活动的干扰要在适度的范围内；自然礁体结构特征要易于珊瑚苗种移植与养护，将珊瑚苗种移植固定在自然礁体上，可避免珊瑚苗种被海浪打翻、脱落，能保持稳定性，不发生倾覆现象；自然礁体应适合珊瑚苗种和放流功能生物栖息、庇护、繁育的自然栖息场所。自然礁体在养护的过程中，要加强珊瑚礁生态功能系统评价及研究，加强珊瑚礁生态功能与环境保护的宣传教育。

自然礁体的选择和养护应满足但不限以下要求：

a) 生态适宜性：选址的海洋环境应适宜珊瑚的生长分布；

b) 干扰适度性：珊瑚受敌害生物、大型藻类及人类活动的干扰在适度范围内；

c) 生物功能性：礁体结构功能符合修复珊瑚和放流生物的习性要求；

d) 礁体稳定性：礁体具有对抗自然极端天气的稳定性；

e) 操作简易性：礁体便于珊瑚移植与养护管理。

9.2 苗种供应

9.2.1 苗种要求

珊瑚苗种应选择具有生长速度快、容易进行扩大培育或抗沉积物能力强、耐受环境压力能力强等特点的珊瑚种类，珊瑚苗种应该是来源于自然海区人工规模化培育的二代以后珊瑚或者从珊瑚区收集的机会期珊瑚；功能生物苗种应是本地种的原种或者子一代，不应使用外来种、杂交种、转基因种以及其他不符合生态

要求的鱼种。移植的珊瑚苗种应来自持有《中华人民共和国水生野生动物特许捕捉证》《中华人民共和国水生野生动物人工繁育许可证》《中华人民共和国水生野生动物经营利用许可证》等的苗种生产资质单位，人工繁育的水生经济生物苗种应来自持有《水产苗种生产许可证》的苗种生产单位。因此，珊瑚礁型洋牧场建设所需苗种供应满足以下要求：

a) 合法性：国家重点保护的水生野生动物苗种的捕捉、繁殖、收购等单位须取得相应的《中华人民共和国水生野生动物特许捕捉证》《中华人民共和国水生野生动物人工繁育许可证》《中华人民共和国水生野生动物经营利用许可证》等资质条件；

b) 合规性：非国家重点保护的水生野生动物苗种供应应选择具备相应资质的单位提供，其中水生经济生物苗种供应单位需持有《水产苗种生产许可证》；

c) 安全性：苗种须为本地种，禁止外来种、杂交种、转基因种及其它不符合生态安全要求的物种；

d) 生态性：苗种应选择有益于提升生物多样性和环境适应性，且有益于珊瑚礁生态系统健康维持以及功能提升的苗种。

9.2.2 苗种规格

对于枝状珊瑚苗种长度应大于直径的 2-3 倍，长度≥5 cm；对于叶状、桌面状、皮壳状、块状珊瑚苗种直径或边长宜为 3-5 cm，面积≥20 cm^2。功能生物苗种规格整齐，游动活泼、对外界刺激反映灵敏，摄食良好，体色正常；苗种全长≥2 cm，规格合格率≥95%，死亡率、伤残率、畸形率之和＜5%。功能生物苗种投放前，由具备资质的检验检疫机构进行检验检疫，并由该机构出具检验检疫报告。

为提高种植珊瑚及其放流功能生物的成活率，保证珊瑚礁型洋牧场建设的成效，选择的种源规格应按照下表 7 执行。

表 7 移植珊瑚与放流功能生物的苗种适宜规格及实施方法

物种	类群	规格要求	实施方法
造礁石珊瑚	枝状珊瑚	长度≥5cm	移植钉移植 水下胶移植 扦插底播移植 人工礁移植
	叶状珊瑚	面积≥20cm^2	
	桌面状珊瑚	面积≥20cm^2	
	皮壳状珊瑚	面积≥20cm^2	
	块状珊瑚	面积≥20m^2	
功能生物	鱼类	体长≥5cm	常规投放 滑道投放
	蟹类	头胸甲宽≥2cm	
	贝类	腹足类壳高≥2cm	常规投放 潜水投放
		双壳类壳长≥3cm	
	棘皮类	海胆类壳径≥2cm	

		海参类体长≥5cm	

9.3 实施方法

9.3.1 珊瑚移植运输

珊瑚移植主要根据人工礁的材料、结构和功能，结合珊瑚类群的形态与个体大小，采用移植钉、扦插底播或水下胶粘合等方式将移植珊瑚固定在人工礁上。移植钉用于珊瑚移植固定，如“T”型钉，长度 8-15 cm，直径 2-3 cm；η 形钉，两脚间相距 0.6-2cm，均可敲入珊瑚礁中，顶端用来移植造礁石珊瑚。扦插底播是将珊瑚种苗直接嵌入底播区域的礁体空洞缝隙中，水下胶粘合是利用环保胶将珊瑚种苗粘附在珊瑚礁体硬质基底上。

珊瑚苗种在移植运输过程中须保证不离开海水，应采用带有活水舱的运输设备，要避免活水舱内的珊瑚苗种相互碰撞、堆叠，需要每一个小时观活水舱内珊瑚苗种状况，确保珊瑚苗种状况正常。

9.3.2 功能生物投放

根据功能生物的游泳、爬行、潜伏等的运动特性，通过常规投放、滑道投放、潜水投放等技术方法实施投放见表 7。采用常规投放时，应尽量贴近水面，距离不高于 0.5 m，小心轻放；采用滑道投放时，要求滑道表面光滑，与水平面夹角小于 60°，末端离水面不超过 0.5 m，若在船上投放时，船速小于 1.0 m/s；采用潜水投放时，适用于功能生物贝类、棘皮类投放，潜水员将投放苗种均匀播撒至目标区域。

（10）效果评估

10.1 评估时间

为及时了解珊瑚礁型海洋牧场建设成效，并为维护与管理提供针对性措施，建设完成后 1 年后进行评估调查，期间可多次开展跟踪监测。

10.2 评估站位

评估站位的布设，以能够客观反映修复区珊瑚及其功能生物因素的总体时空分布及其变化趋势为原则，根据修复区面积大小布设站位。调查站位布设时应考虑的因素包括海底地形、风向、涨落潮引起的水深变化，每个调查站位设 3 条调查断面，每条断面长 50 m，调查区域断面布设尽可能的反映出该调查区域珊瑚礁生态状况。参照《珊瑚礁生态修复监测和效果评估技术指南》当修复区≤1 hm^2 时，评估站位宜布设 3 个以上；当修复区＞1 hm^2 时，每增加 0.5hm^2 站位宜增设 1 个。

10.3 评估指标

参照《GB/T 41339.2 珊瑚礁生态修复》等材料，确立本标准评估指标包括移植造礁石珊瑚存活率、覆盖率和生长率，造礁石珊瑚补充量，鱼类平均密度，

大型底栖动物（除去长棘海星、核果螺等珊瑚敌害生物）密度和人工礁保存率共7个。

人工礁保存率、移植造礁石珊瑚存活率、移植造礁石珊瑚覆盖率、造礁石珊瑚补充量、鱼类平均密度、大型底栖动物密度（除珊瑚敌害生物）和移植造礁石珊瑚生长率的评估指标满分参考值，宜以合理的历史区域测值、参考文献测值或专家经验评议测值为标准值，可根据珊瑚修复区实际情况，参考表8确定。

表8 评估指标的满分标准和满分赋值

评估内容	评估指标 F_i	满分标准 S_i	满分赋值 F_{imax}	满分标准与赋值说明
造礁石珊瑚群落	移植造礁珊瑚的存活率%	100	40	短期反应成效直接指标，根据实际修复苗种100%数量反馈，经验值并赋值40。
	移植造礁石珊瑚的覆盖率%	5±1	10	珊瑚覆盖度是评价珊瑚礁修复效果使用最广泛的指标之一，效果显示最直观指标，根据蜈支洲分界洲等修复最佳效果满分标准为增加的造礁石珊瑚盖率（5±1）%，经验值并赋值10。
	移植造礁石珊瑚的生长率	参考表C.2	10	造礁石珊瑚的生长率是最能反应珊瑚对环境适应情况的指标之一，通过国内外相关文献收集，结合海南省珊瑚礁修复案例，形成各类造礁石珊瑚的生长率满分参考值表C.2，并赋值10。
	增加的造礁石珊瑚补充量 ind/m^2	1±0.2	10	造礁石珊瑚补充量的增加能够提高珊瑚覆盖度和繁殖能力，有利于珊瑚礁生态的更替，扩大珊瑚礁资源，因此也是重要关注指标之一，根据西沙和海南岛造礁石珊瑚补充量调查较最范围值（1±0.2）ind/m^2，并根据重要性赋值10。
功能生物	增加的鱼类平均密度 ind/100m^2	50±10	10	珊瑚礁鱼类是珊瑚礁重要的生态类群,具有巨大生态价值，在维护珊瑚礁生态的健康与稳定发挥着重要作用。根据西沙和海南岛珊瑚礁生态较好状况下设置增加的鱼类平均密度满分标准为（50±10）ind/100m^2，赋值均为10。
	增加的大型底栖动物密度（除珊瑚敌害生物）ind/m^2	0.5±0.1	10	大型底栖生物作为珊瑚礁生态的重要组成部分，无脊椎动物在维持珊瑚礁生态系统稳定性发挥着重要作用，根据根据西沙和海南岛珊瑚礁生态较好状况下大型底栖动物密度为（0.5±0.1）ind/m^2，故设置增加的大型底栖动物密度（0.5±0.1）ind/m^{2}为满分标准，并赋值10.
人工礁	人工礁保存率%	100	10	人工礁为人工修复珊瑚的主要附着基底，其保存完整性关系到修复的选址的科学性和修复成效的基础，人工礁保存率100%，赋值10。

表C.2 移植造礁石珊瑚生长率的满分参考值

评估指标 F_i	1年满分参考值 S_i
美丽鹿角珊瑚 *Acropora formosa*	[9,∞）

花鹿角珊瑚 *Acropora florida*	[9.7,∞）
两叉鹿角珊瑚 *Acropora divaricate*	[4.5,∞）
佳丽鹿角珊瑚 *Acropora pulchra*	[10.5,∞）
鹿角杯形珊瑚 *Pocillopora damicornis*	[3.8,∞）
指状蔷薇珊瑚 *Montipora digitata*	[11.1,∞）
叶状蔷薇珊瑚 *Montipora foliosa*	[9.8,∞）
澄黄滨珊瑚 *Porites lutea*	[0.8,∞）

10.4 调查方法

调查方法宜按照 HY/T 082 等珊瑚礁生态监测规范进行。本着不破坏珊瑚的原则，采用断面监测法（Line Intercept Transect），以水下摄像和照相方式为主，现场调查记录方式为辅。具体断面监测法为选择一条长 50m 带刻度（1cm）的皮尺在断面上布设，用水下数码摄像机从断面上尺的一端沿着皮尺拍摄，水下摄影、拍照完后，用 GPS 测定坐标，为下次监控提供准确位置。室内根据影像资料进行珊瑚存活率、覆盖率、生长率、补充量、鱼类平均密度、大型底栖动物密度和人工礁保存率等评估指标进行分析。

10.5 评估方法

评估公式（4）所示：

$$W = \sum_{1}^{n} \left(\frac{F_i}{S_i} * F_{i\,max}\right) \quad \text{.....（4）}$$ （结果保留一位小数）

式中，*W*—评估指标的分值；*n*—评估的指标个数；*i*—评估的指标；F_i—第 *i* 个指标的实测值；S_i—第 *i* 个指标的满分参考测值（宜以合理的历史区域测值、参考文献测值或专家经验评议测值为标准值，评估指标参考值 S_i见表 3 和表 4）；$F_{i\,max}$—第 *i* 个评估指标的满分值，见表 8。

$F_i \geq S_i$时，表示该指标实测值达到或优于参考测值，$\frac{F_i}{S_i}$直接取 1，即该指标分值均记为最高值 $F_{i\,max}$；

$F_i < S_i$时，表示该指标实测值差于参考测值，即该指标分值均为 $\frac{F_i}{S_i} * F_{i\,max}$直接计算值；10.6 评估等级与效果

10.6.1 评估等级

依据《海洋生态修复技术指南　第 2 部分：珊瑚礁生态修复》，结合有关专

家意见，确立珊瑚礁型海洋牧场建设效果评估内容由三部分组成，包括造礁石珊瑚群落、功能生物和人工礁，各部分内容的赋分依据其在珊瑚礁型海洋牧场建设中的重要程度结合专家意见进行赋分，初步赋分分别为 70、20 和 10，合计 100 分（可依据专家意见适度调整）。根据考核内容得分占满分赋值的比例进行等级评估，差、中、良、优四个等级分别对应的指标得分占比为：[0，40%)、[40%，60%)、[60%，80%)、[80%，100%]。

10.6.2 评估效果

依据《珊瑚礁生态修复监测和效果评估技术指南》（在编），结合本标准的评估等级对珊瑚礁型海洋牧场建设进行效果评估，评估效果分为差、中、良、优，见表 9。依据评估内容各自得分，获得评估内容对应的等级，最终通过评估内容总赋值比例来评估珊瑚礁型海洋牧场建设效果。

表9 评估内容效果等级

评估内容	差[0，40%)	中[40%，60%)	良[60%，80%)	优[80%，100%]
造礁石珊瑚群落	修复效果较差	修复效果尚可	修复效果较好	修复效果显著
功能生物	恢复较差	恢复尚可	恢复较好	恢复显著
人工礁保存率	完整性较差	完整性一般	完整性较好	完整性好
珊瑚礁型海洋牧场	效果较差	效果一般	效果较好	效果显著

（11）维护管理

依据海南分界洲岛珊瑚礁型海洋牧场建设维护管理经验，推荐珊瑚苗种移植初期管护频率宜每周一次，待移植珊瑚苗种成活率趋于稳定，管护频率可降为每月至每季度一次；定期观测移植珊瑚苗种的存活情况，当成活率<75%时应开展补充移植；对移植珊瑚苗种的生长状况进行监测，及时清理患病和白化的个体或组织；及时清除病害虫、污损生物和外来入侵生物，防控珊瑚敌害生物；人工清除或通过放流植食性鱼类等措施控制藻类规模，定期清理修复区内的海洋垃圾；对于在珊瑚礁修复区内进行旅游开发等活动必须严格限制。

常见的维护管理措施应包括但不限以下要求：

a) 定期巡查：控制污染物排放、海洋工程、渔业活动对建设区域的影响，防控人类干扰活动；

b) 定期维护：清理建设区域内的垃圾废弃物，清除珊瑚礁的敌害生物和大型藻类；

c) 定期评估：评估珊瑚礁型海洋牧场建设情况，根据评估的建设效果，优化方案；

d) 应急维护：在台风影响、海水高温和敌害爆发等极端事件后，合理增加监测和维护频次，进行针对性的维护。

如有其他对有利于珊瑚礁型海洋牧场建设维护与管理的事宜可视情况增加。

3. 试验证的论述

本文件选择陵水分界洲岛旅游区为试样，分别开展了基线调查、珊瑚礁生态诊断、建设可行性评估、实施建设、效果评估和维护管理等步骤。

（1）基线调查

2022年12月25日至12月27日派遣外业调查技术队员12人在分界洲岛周边海域进行珊瑚礁资源和海洋环境调查工作，最终形成海南省《珊瑚礁型海洋牧场建设规范》项目选址海域珊瑚礁资源本底调查报告和海南省《珊瑚礁型海洋牧场建设规范》项目海洋环境调查监测报告。

（2）珊瑚礁生态诊断和建设可行性评估

依据珊瑚礁资源调查报告和海洋环境调查监测报告，通过生态诊断分析在分界洲岛海域筛选出适宜建设珊瑚礁型海洋牧场的位置，对建设海域的海洋环境、珊瑚礁生物群落、人类活动和管理政策等指标评估分析，确认建设珊瑚礁型海洋牧场具备可行性。

（3）实施建设

2023年1月9-13日在分界洲岛工作人员的配合下陆续开展珊瑚礁型海洋牧场建设，建设苗圃50个总面积100 m^2培育珊瑚苗种1200 株，投礁70个建设人工礁面积100 m^2移植珊瑚苗种1890 株，原生礁“T”型钉，长度8-15 cm，移植珊瑚苗种1000 株，建设人工船礁1 艘。最终形成海南省《珊瑚礁型海洋牧场建设规范》项目建设实施报告。

（3）效果评估和维护管理

委托自然资源部第三海洋研究所验证海南省《珊瑚礁型海洋牧场建设规范》在分界洲岛珊瑚礁型海洋牧场建设中应用的效果情况，分析工作流程和技术方法的科学性和可行性。最终形成“海南分界洲岛-珊瑚礁型海洋牧场建设规范验证报告”，详见附件1。

经过“清澜港5000吨级航道扩建填海造地项目珊瑚红树及岸线整治生态修复”项目实验验证，《珊瑚礁型海洋牧场建设指南》建立的珊瑚礁资源恢复与修复技术符合珊瑚礁生态修复应用，该方案技术思路清晰，可操作性强，可为珊瑚礁修复与恢复提供重要技术支撑，详见附件2。

通过“万宁乌场一级渔港珊瑚移植”项目实验验证，《珊瑚礁型海洋牧场建设指南》对海洋珊瑚礁生态修复移植工作具有很好的指导作用，提供的技术可靠，可操作性强，详见附件3。

海南省海洋与渔业科学院协同自然资源部第三海洋研究所、海南分界洲岛旅游公司、海南建功海洋科技有限公司等多家从事珊瑚礁生态保护的单位对在分界洲岛建设的珊瑚礁型海洋牧场进行定期维护管理。

（五）标准中如果涉及专利，应有明确的知识产权说明

无

（六）采用国际标准或国外先进标准的，说明采标程度，以及国内外同类标准水平的对比情况

无

（七）重大分歧意见的处理依据和结果

无

（八）贯彻标准的要求和措施建议(包括组织措施、技术措施、过渡办法、实施日期等)

1. 组织措施

海南省海洋与渔业主管部门每年配套相关经费用于《珊瑚礁型海洋牧场建设规范》推行，组织海南大学、中科院南海所等国内海洋牧场和珊瑚礁研究机构共同应用实施。

2. 技术措施

在海南省农业农村厅指导下，由标准的制定单位实施技术指导，通过国内外相关标准、案例分析、技术研究等为珊瑚礁型海洋牧场建设提供技术支持。

3. 过渡办法

海南省海洋与渔业科学院启动省本级项目经费为标准发布后顺利实施提供经费保障。

4. 实施日期

建议实施日期以本项目结题之日起，最终由海南省农业农村厅及相关主管部门商议决定。

（九）预期效果

预期海洋牧场建设与珊瑚礁资源恢复可相辅相成、相互促进：海洋牧场建设通过恢复增殖丰富的海洋生物资源，支持并促进珊瑚礁生态的发展，而珊瑚礁生态的恢复可显著提高海洋牧场建设的综合效益。依托于海洋牧场建设，发展珊瑚礁资源恢复可充分利用热带海岛资源优势、打造特色支柱产业、提升海洋经济和综合实力，为“海洋强国”战略提供重要支持。

（十）其他应予说明的事项

无

三、附件材料

附件 1 海南分界洲岛-珊瑚礁型海洋牧场建设规范验证报告

附件 2 “清澜港 5000 吨级航道扩建填海造地珊瑚礁修复项目”珊瑚礁型海洋牧场建设规范验证报告

附件 3 “万宁乌场一级渔港珊瑚移植项目”珊瑚礁型海洋牧场建设规范验证报告

四、其它参考标准

1．SC/T 9416-2014 人工鱼礁建设技术规范
2．SC/T 9111-2017 海洋牧场分类
3．SC/T 9417-2015 人工鱼礁资源养护效果评价技术规范
4．《人工鱼礁管理细则》（农办渔[2017]58 号）
5．GB/T 40946-2021 海洋牧场建设技术指南
6．SC/T 9401-2010 水生生物增殖放流技术规程
7．T/SCSF 0007-2020 海洋牧场资源增殖技术指南
8．T/SSCSF 0013-2021 海洋牧场本底调查技术规范
9．T/SSCSF 0014-2021 海洋牧场效果调查评估技术规范
10．JTS151-2011 水运工程混凝土结构设计规范
11．GB50017-2014 钢结构工程设计规范
12．DB35/T 1661-2017 水生生物增殖放流技术规范（福建省地方标准）

五、参考文献：

1．Costa O, Leão ZMAN, Nimmo M, et al.Nutrification impacts on coral reefs from northern Bahia,Brazil[J].Hydrobiologia, 2000, 440(1-3): 307-315.

2．Furnas M. Shelf-scale nitrogen and phosphorus budgets for the central Great Barrier Reef[J]. Proc. 8th Int. Coral Reef Symp., 1997, 1997,1.

3．Lambo A, Ormond R. Continued post-bleaching decline and changed benthic community of aKenyan coral reef[J]. Marine Pollution Bulletin, 2006, 52(12): 1617-1624.

4．Littler MM, Littler DS, Titlyanov EA. Comparisons of N-and P-limited productivity betweenhigh granitic islands versus low carbonate atolls in the Seychelles Archipelago: a test of the relative-dominance paradigm[J]. Coral Reefs, 1991, 10(4): 199-209.

5．Morton B, Blackmore G, Kwok C T. Corallivory and prey choice by Drupella rugosa(Gastropoda: Muricidae) in Hong Kong g[J]. Journal of Molluscan Studies, 2002, 68(2): 217-223.

6．Turner S J. The biology and population outbreaks of the corallivorous gastropodDrupella on Indo-Pacific reefs[J]. Oceanography and Marine Biology, 1994, 32:461–530.

7．黄晖,张浴阳,刘骋跃．热带岛礁型海洋牧场中珊瑚礁生境与资源的修复[J].科技促进发展,2020,16（2）：225-230.

8．黄梓荣，梁小芸，曾嘉．人工鱼礁材料生物附着效果的初步研究[J]．南方水产，2006，2（1）：34-38.

9．贾晓平，陈丕茂，唐振朝，等．人工鱼礁关键技术研究与示范[M]．北京：海洋出版社, 2011.

10．李元超，吴钟解，梁计林，等, 2019．近 15 年西沙群岛长棘海星暴发周期及暴发原因分析 [J]. 科学通报, 64(33): 7.

11．水生生物增殖放流管理规定[J]．海洋与渔业, 2015(02):71.

12．吴霖，张李唯，沈璐．混凝土框架型人工鱼礁结构着底撞击力计算方法研究[J]．水利科技与经济, 2022, 28（8）：8-11.

13．杨红生，章守宇，张秀梅，等．中国现代化海洋牧场建设的战略思考[J]．水产学报，2019，43（4）：1255-1262.

14．颜慧慧,王凤霞．海南省海洋牧场发展建设初探[J].河北渔业,2017（1）：56-60.

15．赵海涛，张亦飞，郝春玲，等．人工鱼礁的投放区选址和礁体设计[J]．海洋学研究，2006，24（4）：72-74.

16．中国水生生物资源养护行动纲要[J]．吉林政报, 2006(07):11-16.

17．邹仁林．中国动物志 腔肠动物门 石珊瑚目[M]．科学出版社, 2001.