

团 体 标 准

T/LCH ***—2025

东部沿海海塘生态修复技术指南

Technical guideline for ecological conservation and restoration of
seawalls

2025-**-**发布

2025-**-**实施

中国长城绿化促进会 发布

目 录

目 录..... I

前 言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

 3.1 海塘 seawall..... 1

 3.2 塘前带 front zone of sea dike..... 1

 3.3 堤脚线 dike toe line..... 1

 3.4 塘身带 body zone of sea dike..... 1

 3.6 塘后带 back zone of sea dike..... 2

 3.7 河口区海塘 seawall within estuary area..... 2

 3.8 港湾区海塘 seawall within harbor bay area..... 2

 3.9 开敞区海塘 seawall within offshore area..... 2

 3.10 海堤生态化 seawall ecological improvement..... 2

4 总则..... 2

 4.1 修复范围..... 2

 4.2 修复原则..... 3

 4.3 修复内容..... 3

5 一般规定..... 3

 5.1 塘前带..... 3

 5.2 塘身带..... 4

 5.3 塘后带..... 5

6 技术要求..... 5

 6.1 塘前修复..... 5

 6.2 塘身修复..... 8

 6.3 塘后修复..... 8

7 运维管理..... 8

 7.1 总体要求..... 9

 7.2 管护..... 9

8 监测与评估..... 9

附 录 A （资料性附录） 海塘塘前带修复区选划适宜性评估方法..... 10

附 录 B （资料性附录） 贝类增殖生态修复..... 12

附 录 C （资料性附录） 临海侧护面分类及宜栽护坡植物选划..... 15

附 录 D （资料性附录） 海塘综合生态修复效果评估分级表..... 21

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这些专利的责任。

本标准由XXXX提出。

本标准由 XXXX 归口。

本标准起草单位：***

本标准主要起草人：XXXXX。

海塘生态保护修复技术指南

范围

本文件界定了海塘生态保护修复的术语定义，给出了修复范围、修复原则、修复内容、技术要求、工作流程和运维管理的指导建议。

本文件适用于东部沿海已建或新建海塘的生态保护与修复工作。

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 12763.9-2007 海洋调查规范
- GB 17378.7-2007 海洋监测规范
- GB/T 43681-2024 生态系统评估 区域生态系统调查方法
- HJ 624-2011 外来物种环境风险评估技术导则
- HY/T 214-2017 红树林植被恢复技术指南
- SC/T 9401-2010 水生生物增殖放流技术规程
- DB 33/T 846-2011 海洋底栖贝类增殖放流技术规范
- DB 33/T 596-2019 海塘工程管理规程
- DB 33/T 1009-2001 园林绿化技术规程
- SC/T 9102.2-2007 渔业生态环境监测规范
- SL/T 171-2020 堤防工程管理设计规范

术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 海塘 seawall

沿海而筑的防潮堤坝。

[来源：DB33/T 852-2022]

3.2 塘前带 front zone of sea dike

海堤迎海坡堤脚线向海一定宽度范围内的区域。

3.3 堤脚线 dike toe line

海堤迎海坡和背海坡与滩面或地面的交界线。

3.4 塘身带 body zone of sea dike

海塘迎海坡堤脚线与背海坡堤脚线之间的区域。

3.6 塘后带 back zone of sea dike

海堤的背海坡堤脚线向陆侧辐射一定宽度的区域。

3.7 河口区海塘 seawall within estuary area

分布于河口区域的海塘，塘前带受淡水和潮汐影响较大。

3.8 港湾区海塘 seawall within harbor bay area

分布于海港区域的海塘，受港口活动影响。

3.9 开敞区海塘 seawall within offshore area

分布于开敞海域的海塘，塘前带受海浪和潮汐的直接影响。

3.10 海堤生态化 seawall ecological improvement

利用动植物、环境友好材料和生态工法等措施，对已建或新建海塘生态系统进行恢复、重建和改善，在不降低物理防护能力的基础上，提升其生态连通性和生态服务功能。

总则

4.1 修复范围

海塘生态保护修复项目的范围涵盖海塘结构的不同区域，以确保全面的生态恢复和海塘结构的稳定性。保护修复范围包括塘前带、塘身带、塘后带三个主要带状区域（见图1）。

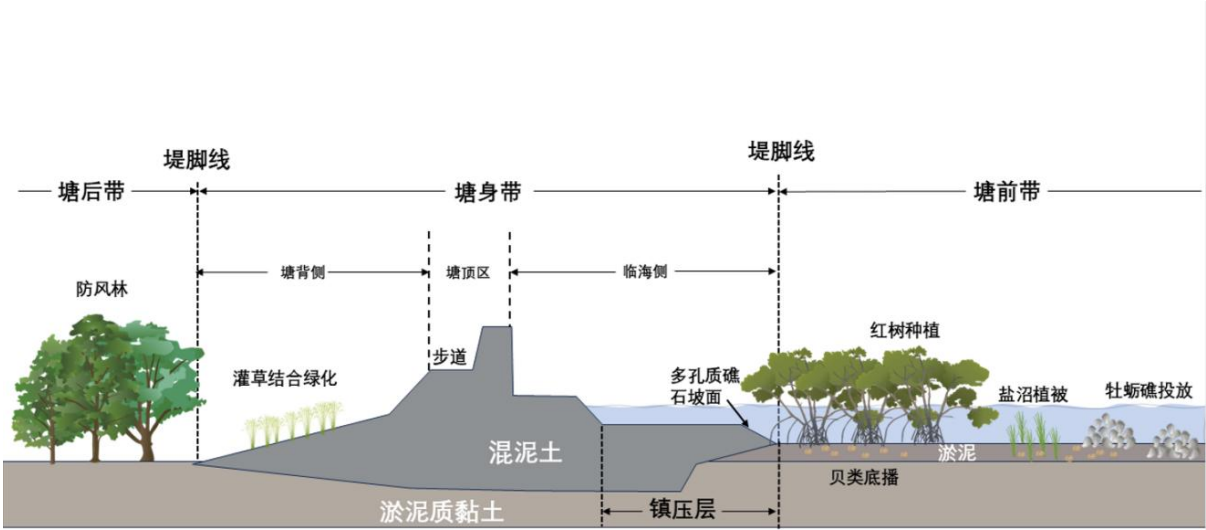


图1 海塘生态保护修复范围示意图

4.2 修复原则

- a) 资源养护、生态修复。海塘生态保护修复应以恢复海岸生态功能为目标，养护近岸海洋生物资源，注重海岸生态系统的恢复与重建，提高生态系统连通性。
- b) 因地制宜、分类施策。海塘生态保护修复要秉持因地制宜的理念，根据所在区域的海塘类型、气候环境、地质地貌特点、水动力条件等，采用不同的保护修复策略及技术手段。
- c) 以塘养塘、绿色发展。海塘生态保护修复要树立绿色发展理念，统筹考虑海塘周边空间和生物资源的合理开发与利用，在充分发挥其防汛抗灾功能的基础上，实现生态和经济效益最大化。

4.3 修复内容

在保障海塘防灾减灾功能的前提下，通过生态保护修复措施，恢复海塘、潮滩及陆域生态功能，实现海塘生态化。塘前带、塘身带、塘后带三部分应具有以下结构特征和功能：

- a) 塘前带具有稳定的岸滩结构，防止海岸侵蚀，维持生境异质性和生物多样性；
- b) 塘身带具有消浪护坡和维护岸坡生态功能的作用，形成防灾减灾与生态保护协同增效综合体系；
- c) 塘后带具有一定的陆向辐射宽度，形成稳定的陆域生态系统。

一般规定

5.1 塘前带

塘前带生境是海塘生态保护修复的重要组成部分，旨在恢复和增强塘前岸滩区域的生态系统功能。生境保护修复应根据塘前带生境条件与岸线类型特点，在海岸带生态减灾修复技术导则和适宜性综合评价指导下进行，以保护和自然恢复为主，必要时采取人工修复措施，以生物修复为基础，选择适宜的修复工程，恢复天然生态系统。主要修复手段包括红树林生态修复、盐沼植物生态修复、牡蛎礁生态修复、贝类增殖生态修复等，针对河口、港湾和开敞海域等不同海岸类型分类实施生物修复和生境恢复（表 1）。

表 1. 不同类型海塘塘前带适宜修复技术遴选表

适宜技术 海塘类型	红树林	盐沼植被	牡蛎礁	贝类增殖
河口区海塘	★	★	☆	☆
开敞区海塘	☆	☆	★	★
港湾区海塘	☆	☆	☆	☆
注：★重点修复技术；☆可选修复技术				

5.1.1 河口区海塘

- a) 生物修复。选择移植具本地适应性的动植物物种，以增加生态系统多样性，提高生态系统稳定性和复原力；采取必要措施预防和控制外来入侵物种，以维护生态系统稳定性；建立定期监测和生物修复效果评估机制，及时调整和改进生态修复策略。

b) 生境修复。重点修复湿地生境，提供野生动植物适宜栖息地，维护生态系统多样性；保护和修复潮间带和红树林生态系统，维护河口生态系统健康；对修复生境定期开展维护和监测，确保岸滩基质的稳定性和生态功能的发挥。

5.1.2 开敞区海塘

a) 生物修复。选择移植具本地适应性的动植物物种，增加生态系统多样性，提高生态系统稳定性和复原力。

b) 生境修复。通过生态礁、牡蛎礁投放等措施改善海塘区域的水质和底质条件，防止底质沉积和有害生物滋生，保持水质和底质环境优良；建立持续的监测和评估机制，维护修复效果。

5.1.3 港湾区海塘

a) 生物修复。选择适宜区域建立人工湿地，促进生态环境恢复；保护和修复港湾区动植物资源，增加生态系统生物多样性和完整性。

b) 生境修复。选择适宜方法，针对海塘底部沉积物污染和废弃物堆积等定期开展水下清理；加强污染源治理，减少垃圾、废水和污水的堆排放；建立完善的监控系统，维护港湾区海塘及周边生态环境的稳定性。

5.2 塘身带

塘身修复应从安全、生态和功能等方面综合考虑临海侧、塘顶区、塘背侧的保护和修复工作。因地制宜采用生态礁体、生态格栅、生态护面、植被护坡等修复措施，改善生物生长栖息活动空间，形成防灾减灾与生态保护协同增效的综合修复体系。

5.2.1 临海侧

临海侧主要采用生态礁修复、贝类增殖修复、生态材料护坡修复，在临海侧的堤脚及镇压层实施生态保护及修复，营造适宜生物栖息生长的生境条件，恢复自然生物群落，提升岸堤生态系统服务功能。

a) 生态礁修复。在满足防冲、防沉降和稳定要求的前提下，通过增设海塘堤身的人工鱼礁、牡蛎礁等结构功能，优化海堤空间布局，恢复海岸生态功能和生物多样性。

b) 贝类增殖修复

与生态礁投放相结合，在临海侧堤脚及镇压层实施贝类增殖放流，促进生态礁体形成与发育，改善海域生态环境，提升岸堤海域经济效益和生态效益。

c) 生态材料护坡修复

对于不具备植物护坡条件的临海侧护面，在加强护面结构强度的前提下，宜通过人工生态材料投挂，提高临海侧护面抗侵蚀性、抗冲刷性，起到消浪护坡和维护岸坡生态功能的作用。

5.2.2 塘顶区

塘顶区宜构建滨海绿色廊道。在满足防浪功能的基础上，根据海堤结构形式，在堤顶构建线状或带状布局绿植单元，实现堤顶防风固土及生态景观构建。

5.2.3 塘背侧

塘背侧宜采用侧护带生态修复。选取防风抗浪、耐盐碱的本土植物，在塘身侧护面开展植被种植和养护，提高侧护面抗侵蚀性、抗冲刷性，起到固土护坡和维护岸坡生态功能的作用。

5.3 塘后带

在海塘的堤后带，结合陆（水）域空间，因地制宜采用以植被栽种为主的方式对具备生态空间建设条件的功能区开展防护林、湿地湖泊、休憩公园等生态建设。具体按照DB33/T 596-2019附录B之规定执行。

技术要求

保护修复工作内容包括本底调查、修复区选划、修复方法和管理维护方案的制定。

6.1 塘前修复

6.1.1 红树林生态修复

a) 本底调查

本底调查内容应包括红树林植被、生物群落、环境要素及威胁因素。调查内容、调查要素和调查方式参见表2。根据调查目的和保护修复需求，可选择不同调查要素。

表2 红树林生态修复本底调查要素与调查方法

调查内容	调查要素	调查方式
红树林植被	红树林植被：面积、分布、林带宽度、物种、盖度、 植株密度、株高、胸径、基径、幼苗密度、幼树密度、 凋落物产量、气生根类型、气生根密度、生物量	现场调查 遥感调查
生物群落	底栖藻类：物种、密度、生物量	现场调查
	大型底栖动物：物种、密度、生物量、蟹洞密度	
	鸟类：物种、数量	
环境要素	水环境：水温、盐度、pH 值、溶解氧、氨盐、硝酸盐、亚硝酸盐、总氮、总磷	现场调查
	沉积环境：滩涂高程、沉积速率、沉积物粒度、有机 碳、硫化物、全盐含量、总磷、总氮、重金属	
威胁因素	自然因素：台风、风暴潮、极端气温、海平面变化、 有害生物	资料收集 现场调查 社会调查
	人为因素：红树林赶海（赶海人数、作业方式、作业 频次）、海水养殖（养殖类型、养殖面积、影响类型）、 污染物排放（污染物类型、排放量、影响类型）、海洋（海岸）工程（开发现状、类型、规模）	

b) 修复区选划指标体系与适宜性等级划分

综合海塘指数和环境指标，分析宜林修复区红树林生态修复适宜性，完成适宜性等级评估，确定适宜种植区。修复区适宜性评估及海塘适宜性等级划分方法详见附录A。

c) 修复方法

红树林生态修复种植方案应考虑树种选择、种植方法选择、种植时间，修复方法应与恢复地生境条件相适应。具体按照HY/T 214-2017第8章之规定执行。

d) 管理维护

红树林种植后,应对种植林地进行有效管护,管护时间可设定为2~4年。管护措施主要包括封滩育林、防治病虫害、防控海洋污损生物及外来入侵生物，定期观测萌芽及幼苗生长情况，存活率小于75%时需及时补种。具体按照HY/T214-2017第10章之规定执行。

6.1.2 盐沼植被生态修复

a) 本底调查

本底调查内容应包括盐沼植被、生物群落、环境要素及威胁因素。调查内容、调查要素和调查方式参见表 3。根据调查目的和修复需求，可选择不同调查要素。

表3 盐沼植物生态系统本底调查要素与调查方式

调查内容	调查要素	调查方式
盐沼植被	盐沼：面积、分布、植被带宽度	遥感解译和现场核查
	样方植物：种类的数量	现场调查
	样格植物：密度、盖度、平均高度、生物量	现场调查
生物群落	大型底栖动物：物种、密度、生物量	现场调查
	鸟类：种类和数量	现场调查
环境要素	底质：粒度、全盐含量、pH 值、总有机碳、氧化还 原电位、总氮、总磷	现场调查
	水体：温度、盐度、浑浊度、溶解氧、pH值、总有机碳、铵盐、硝酸盐、亚硝酸盐、活性磷酸盐	现场调查
	地形：高程	现场调查
威胁因素	自然因素：自然灾害、海平面变化、海岸侵蚀、外来物种入侵等	资料收集、现场调查、社会调查等
	人为因素：水产养殖活动、渔业捕捞、海岸带工程、排污状况、周边资源利用情况、旅游开发活动等	资料收集、现场调查、社会调查等

b) 修复区选划

选择地势平坦、排灌方便的沿海滩涂区域，修复区应在涨潮时可淹没，且退潮后无滞水时间不少于6小时。利用海塘指数和环境指标分析修复区盐沼植物生态修复的适宜性，构建适宜性指标体系完成适宜性等级评估，并确定适宜种植区。修复区适宜性评估及海塘适宜性等级划分方法详见附录A。

c) 修复方法

盐沼植物生态修复方法包括种苗准备、种植等。具体按照 DB 3705/T 05-2024 之规定执行。

d) 管理维护

盐沼植物栽种后的管理维护应按季节进行，主要包括修复区水利水文条件的维护，以及对植被覆盖

度和存活率的监测。具体按照 DB 3705/T 05-2024 之规定执行。

6.1.3 牡蛎礁生态修复

a) 本底调查

本底调查内容应包括牡蛎礁、生物群落、环境要素及威胁因素。调查内容、调查要素、调查方式和调查方法参见表 4。根据调查目的和修复需求，可选择不同调查要素。

表4 牡蛎礁生态修复本底调查方法

调查内容	调查要素	调查方式
牡蛎礁	礁体：牡蛎礁斑块面积、礁体高度	现场调查
	牡蛎：物种、密度、补充量、活体壳高、干肉重和干壳重	
生物群落	大型底栖生物：种类、密度	现场调查
	浮游植物：种类、密度环境	
环境要素	水环境：水温、盐度、流速、溶解氧、pH 值	现场调查
	底质环境：底质类型	
威胁因素	自然因素：捕食者、竞争者	资料收集 现场调查
	人为因素：捕捞、滤食性贝类养殖、海洋工程、污染排放	资料收集、会调查 现场调查

b) 修复区选划

基于适宜性等级评估开展牡蛎礁生态修复区域选划。牡蛎礁生态修复适宜性等级评估参见附录A。

c) 修复方法

在野生牡蛎补充量 ≥ 200 个/ m^2 的海区,采用基质投放作为牡蛎礁构建方式,即人工投放牡蛎礁基质用于海区牡蛎幼虫自然附着。在野生牡蛎补充量 ≤ 200 个/ m^2 、牡蛎礁基质充足的海区,采用牡蛎移植作为牡蛎礁构建方式,即移植牡蛎幼贝或牡蛎成贝。在野生牡蛎补充量 < 200 个/ m^2 ,牡蛎礁基质受限的海区,采用先人工投放牡蛎礁基质再移植牡蛎作为牡蛎礁构建方式。

d) 管理维护

牡蛎礁管理维护主要包括定期检查牡蛎的存活、生长和扩繁情况、定期清理敌害生物与附着物、定期评估礁区健康状况；建立监控系统、制定牡蛎礁管护规章，禁止在牡蛎礁建设区进行底层破坏性捕捞生产活动。

6.1.4 贝类增殖生态修复

a) 本底调查

本底调查按照GB/T 12763和SC/T9102.2之规定，筛选必要调查要素，对拟修复海域进行生物资源与环境因子本底调查。

b) 修复区选划

修复区选址标准应符合SC/T 9401-2010和 DB 33/T 846-2011的要求。应依据海塘区域环境特征和贝类生物学特性，确定适宜修复区，具体评估方法和等级划分参见附录A。

c) 修复技术

包括种类选择、质量要求、底播环境的优化设计等。适宜增殖种类的筛选参见附录 B，具体修复技术按照 DB 33/T 846-2011 之规定执行。

d) 管理维护

按照 DB 33/T 846-2011 之规定，确定最适管护原则和管理方案。

6.2 塘身修复

6.2.1 临海侧

生态礁修复宜使用石块或混凝土模块构建生态礁体结构，为海洋生物提供适宜栖息地。贝类修复宜通过播种贝类幼苗、提供适宜底质或附着环境等。生态材料护坡修复宜采用生物土工材料、植被种植和生物挡墙等，增强坡面的稳定性和水土保持能力。

6.2.2 塘顶

宜构建滨海绿色廊道开展生态修复，包括开展区域生态评估，确定适宜植物种类；选用本地植物，分层种植以增强生物多样性；利用生物工程技术，采用植生带和生态网稳定土壤、防止侵蚀；定期监测植被生长和生境质量，及时调整修复和管理措施。

6.2.3 塘后侧

宜选用本地植物，密植以增强护带稳定性；施用有机肥料改善土壤质量，促进植物生长；设置截水沟和排水系统，防止水土流失；定期监测植被生长情况，进行补植和修剪，维护生态功能。

6.3 塘后修复

6.3.1 本底调查

主要调查内容包括海岸线调查、海岸带地貌和第四纪地质特征、底质调查、滨海湿地调查、海岸带植被资源调查五个方面。根据调查目的和修复需求，选择不同调查要素。具体方法与技术要求按照 GB 17378.7-2007 以及 GB/T 51015-2014 之规定执行。

6.3.2 植被栽种选址标准

按照 DB3303/T007-2021 之规定确定塘后带生态修复范围。针对河口、港湾、开敞海域等不同海岸类型，以及泥质、粉砂质、砂（砾）质、基岩等不同底质类型，因地制宜选划植被栽种区域。

6.3.3 植被选划

塘后宜栽植被选划按照 DB3303/T007-2021 之规定执行。海塘护坡植物宜栽区选划参见附录 A。

6.3.4 管理养护

植被管理养护措施按照 DB33/T1009-2001 之规定执行。

运维管理

7.1 总体要求

以保障海塘保护修复区的生态系统稳定性、连通性、生态效益和经济效益可持续性为目标，在对修复区生态环境监测的基础上，建立合理的管理维护机制，通过对基底、植被、外来物种、区域内人为活动等的日常管理，保障海塘及周边区域生态系统的稳定性。

7.2 管护

竣工验收合格后，根据海堤生态化建设目标，需做好后续常态化管护工作，内容主要包括布设警示牌和围栏等措施加强保护，设置专门管护机构和专职管护人员，可按照SL/T 171 有关规定执行。

加强对外来入侵物种的监测、防治和清除，避免外来入侵物种对保护修复区生态系统产生危害，可按照HJ 624-2011 之规定执行。

监测与评估

根据跟踪监测结果以及调查收集掌握的基础数据资料，重点关注海塘生态修复前后生态系统结构、功能等变化，通过评估近岸环境质量、生物多样性、生物栖息地状况、生态空间规模、岸滩稳定性、岸滩植被覆盖率等关键指标，掌握工程实施的生态效益和经济效益；红树林、盐沼、牡蛎礁等典型生态系统的生态效益评估可参照GB/T 43681-2024、HJ 442.10和DB33/T 596-2019之规定执行。水环境监测应按可参照GB17378.3、GB 17378.4、GB/T 12763.2、HJ91.2之规定执行。海塘综合生态修复效果评估评价分级参见附录D。

参考文献

[1] T/CAOE 1-2020 围填海工程海堤生态化建设标准

[2] T/CAOE 20.3-2020 海岸带生态系统现状调查与评估技术导则 第3部分：红树林

[3] T/CAOE 20.4-2020 海岸带生态系统现状调查与评估技术导则 第4部分：盐沼

[4] T/CAOE 20.7-2020 海岸带生态系统现状调查与评估技术导则 第7部分：牡蛎礁

[5] T/CAOE 21.2-2020 海岸带生态减灾修复技术导则 第2部分：红树林

[6] T/CAOE 21.3-2020 海岸带生态减灾修复技术导则 第3部分：盐沼

[7] T/CAOE 21.6-2020 海岸带生态减灾修复技术导则 第6部分：牡蛎礁

[8] T/SCSF 0015-2022 海洋牧场牡蛎礁建设技术规范

[9] 《我国近海海洋综合调查与评价》

[10] 《海堤生态化建设技术指南（试行）》

[11] Saaty T.L. The analytic hierarchy process (AHP) [J]. The Journal of the Operational Research Society, 1980, 41(11): 1073-1076.

附录 A
(资料性附录)

海塘塘前带修复区选划适宜性评估方法

(1) 适宜性评估方法

海塘塘前修复适宜区评估分值计算：

$$S = WH \prod_{k=1}^N r_k \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- S ——海塘塘前带修复区适宜性的评价分值；
 - γ_k ——海塘塘前带生态修复限制因子，赋值为0或者1；
 - k ——生态修复限制因子个数；
 - W ——海塘塘前带修复区适宜性的海塘指数评价分值；
 - H ——海塘塘前带修复区适宜性的环境指标权重分值；
- 海塘指标评价分值计算：

$$W = 100 \times \sum_{i=1}^{n=3} w_i a_i \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- n ——海塘类型数(主要包括河口、开放、港湾三种类型)；
 - w_i ——不同类型海塘适宜性权重，总和为1；
 - a_i ——不同类型海塘在目的区的长度占比；
- 海塘修复区适宜性的环境指数权重分值计算：

$$H = \sum_{j=1}^m f_j C_j \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- f_j ——不同环境指标权重，赋分标准参照HY/T 214-2017, 7.1；
- C_j ——不同环境指标评价分值，赋分标准参照HY/T 214-2017, 7.1；

(2) 指标与权重决策分析方法

- A. 基于适宜性评估相关指标体系结合层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) (Saaty, 1980) 构建不同生态系统修复适宜区综合最优判断矩阵：

$$M = [a_{ij}] \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- a_{ij} ——表示元素i相对于j的重要性，通常通过专家评估法或者两两比较法获得；
- M ——正互反矩阵，满足 $a_{ij}=1/a_{ji}$

- B. 使用归一化方法计算权重：

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{\sum_j \sum_{i=1}^n a_{ij}} \dots\dots\dots (2)$$

- C. 计算一致性指标 (Consistency Index, CI)

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- λ_{max} ——矩阵的最大特征值；
- n ——判断矩阵的阶数。

D. 计算一致性比率(Consistency Ratio):

$$CR = \frac{CI}{RI}..... (2)$$

式中:

RI ——随机一致性指标, 常见的RI值基于判断矩阵的阶数可从如下表格查的:

阶数n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

当CR<0.1时, 认为判断矩阵具有慢一的一致性; 否则, 需要对判断矩阵进行调整。

E. 每个标准在不同生态修复方法中最终的适宜性指数中的有效权重 (Effective Weight, EW), 基于将每个标准的有效权重与模型分配的理论权重进行比较, 计算公式:

$$EW = \left(\frac{A \cdot S}{B}\right) \times 100..... (2)$$

A ——每个标准的评分或评级值, 表示在该特定情境下该标准的表现;

B ——每个标准的理论权重, 表示模型初始设置时分配的权重。

F. 通过逐层权重相乘, 得到每个方案的综合权重, 计算公式如下:

$$W_j = \sum_{i=1}^n w_i w_{ij}..... (2)$$

根据综合权重W_j对各方案进行排序, 从而选择选用最优适宜区划评估方法。

(3) 海塘塘前带植被修复适宜性等级

海塘适宜性等级划分由评价总得分和指标体系共同确定:

- 评价总分≥95,高度适宜, 应评为“五星”, 指海塘类型为河口型为主、生境质量优、气候适宜性高、干扰压力小;
- 评价总分≥85, 小于95, 较适宜, 应评为“四星”, 指海塘类型为河口型为主、生境质量优、气候适宜性较高、干扰压力小;
- 评价总分≥70, 小于85, 适中适宜, 应评为“三星”, 指海塘类型为河口型和开敞型为主、生境质量良好、气候适宜性较高、干扰压力较高;
- 评价总分≥60, 小于70, 低度适宜, 应评为“二星”, 指海塘类型为河口型和开敞型为主、生境质量良好、气候适宜性一般、干扰压力较高;
- 评价总分<60, 不适宜, 应评为“一星”, 指海塘类型为河口型为少数、生境质量较差、气候适宜性低、干扰压力高;

附 录 B
(资料性附录)
贝类增殖生态修复

表 B.1 贝类增殖生态修复适宜增殖种类

增殖种类	分类	形态特征	分布	生态习性
泥蚶 (<i>Tegillarca granosa</i>)	蚶目、蚶科、 泥蚶属	贝壳极坚硬，卵圆形，两壳相等，相当膨胀。背部两端略呈钝角。壳顶突出，向内卷曲，位置偏于前方，两壳顶间的距离远。放射肋粗壮，有 18~22 条，肋上具明显的结节，呈瓦垄形。壳表白色，被褐色壳皮。壳内面灰白色。边级具有与壳面放射肋相应深沟。铰合部直，齿细密。前闭壳肌痕小，呈三角形，后闭壳肌痕大，四方形。无水管，仅以壳后缘在滩涂表面形成水孔与外界相通。	泥蚶喜栖息在淡水注入的内湾及河口附近的软泥滩涂上，在中潮区和低潮区的交界处数量最多，埋居其中。中国沿海各地均有分布，8~10 月份产卵期为生产旺季。	生长适宜的盐度范围 10~28.8，水温 0~35℃。泥蚶为滤食性贝类，以硅藻类和有机碎屑为食。
缢蛏 (<i>Sinonovacula constricta</i>)	帘蛤目、竹蛏科、缢蛏属	贝壳呈长圆柱形，壳质脆薄。两壳不能全部开或关。贝壳前后端开口，足和水管由此伸出。前端稍圆，后端呈截形。背腹面近于平行。壳顶位于背部略靠前端。壳表具黄褐色壳皮，生长纹明显。贝壳中央自壳顶至腹缘有一条微凹的斜沟，形似被绳索勒过的痕迹。	缢蛏分布在中国和日本沿海，中国的养殖区集中在闽、浙一带。垂直分布多在软泥或砂泥底质的中、低潮区。	缢蛏为滤食性贝类，对食物无严格的选择性，主要以骨条藻、有机碎屑为食，生长适宜的盐度范围 13~26，水温 8~30℃。
毛蚶 (<i>Scapharca kagoshimensis</i>)	魁蛤目、魁蛤科、毛蚶属	贝壳中等大小，壳长 40~50 mm。壳质坚厚，双壳膨凸，背侧两端略显棱角，腹缘前端圆，后端稍延长，通常两壳大小不等，右壳稍小，壳顶突出并向内卷曲，位置偏向前方。壳面放射肋突出且较密，有 30~34 条放射肋，肋上有方形小结节，状似瓦垄，在左壳尤为明显，腹侧有明显的生长纹。外壳覆盖着一层深褐色绒毛，壳面和壳内均为白色。前闭壳肌痕小，近马蹄形；后闭壳肌痕大，近方形。	毛蚶主要栖息于浅海的软泥底或含砂的泥质海底，潮间带和潮下带也有一定数量的分布。	毛蚶主要以圆筛藻、舟形藻等一些硅藻类浮游植物、桡足类附肢、双壳类卵、浮游幼体和有机碎屑等为食，对温度和盐度的适应范围较广，适宜生存盐度为 21.0~28.8，存活水温为 0~32 ℃。
文蛤	帘蛤目、帘蛤	贝壳背缘略呈三角形，腹缘圆形，两壳相等，两侧不等，壳长略大	多分布在较平坦的河口附近沿	文蛤为滤食性贝类，主要以硅藻

(<i>Meretrix meretrix</i>)	科、文蛤属	于壳高，壳质坚厚；壳顶突出稍偏前方，小月面狭长，外韧带黑褐色凸出壳面；壳表膨起、光滑，被有一层黄褐色壳皮，生长纹清晰，有环形褐色带、锯齿状或波纹状褐色花纹。	岸内湾的潮间带，以及浅海区域的细沙和泥沙滩中。	为食，生长适宜的盐度范围 6.5~39.5，水温 5.5~32℃。
厚壳贻贝 (<i>Mytilus coruscus</i>)	贻贝目、贻贝科、贻贝属	贝壳呈楔形，较贻贝大且厚。壳顶细尖，位于壳的最前端。壳长是壳高的 2 倍。贝壳后缘圆，壳面由壳顶沿腹缘形成一条隆起，将壳面分为上下两部分，上部宽大斜向背缘，下部小而弯向腹缘，故两壳闭合时在腹面构成一菱形平面。生长线明显，但不规则。壳面棕褐色，顶部常被磨损而显露白色，边缘向内卷曲成一镶边。壳内面紫褐色或灰白色，具珍珠光泽。足丝粗硬、黄色。	广泛分布于黄海和东海沿岸海域的重要经济贝类。	厚壳贻贝为滤食性贝类，生长适宜的盐度范围 22~32，水温 5~28℃。
管角螺 (<i>Hemifusus tuba</i>)	新腹足目、香螺科、角螺属	管角螺壳质坚厚，壳表通常有黄褐色、或者淡棕色的细密而短的茸毛壳皮。管角螺的外壳高约 12-20 cm（重约 150-300 g），成体的管角螺壳高约 11-20 cm，壳宽大约在 7-117 cm 之间（重约 150-300 g），最大壳高 300 mm（体重 500 g）以上。	主要生活在近海约 10 m 的泥沙或泥质的海底，是浅海较大型的经济腹足类。主要分布在日本海及中国东、南沿海地区。	管角螺生长速度较快。管角螺食性为肉食性贝类，其肝胰脏腺发达，喜食双壳类，尤其是薄壳无足丝种类，如缢蛏、蓝蛤、杂色蛤等。适宜盐度范围 18.3~28.3，水温 14~29℃。

表 B.2 生态礁修复适用条件评价指标

评价指标	评价要素	适宜范围
自然指标	贝类分布	应用于牡蛎礁、贻贝礁体退化或历史上有其分布的海域，以及对生态礁修复功能有需求且适宜恢复贝类礁体的海域。
	水温	水温适宜牡蛎或贻贝生存。部分造礁牡蛎、贻贝适宜水温可参考附录B.1。
	盐度	盐度适宜牡蛎或贻贝生存。部分造礁牡蛎、贻贝适宜盐度可参考附录B.1。
	溶解氧	连续24 h中，16 h以上大于5 mg/L，其余任何时候不低于3 mg/L。
	pH值	牡蛎适宜pH值为7.8~8.5。
	地形	地形平缓或平坦，坡度小于5°。
	水动力	潮流通畅，无漩涡流、对撞流，牡蛎繁殖期流速不大于60 cm/s；根据水动力条件设计礁体大小型式，礁体表面应具有一定的粗糙度，利于牡蛎等贝类附着；同时考虑沉降防护，适宜投放于低潮带及潮下带区域。
	沉积速率	沉积速率小于礁体高度增长速率。
	底质类型	选择较硬、泥沙淤积较少的底质，避开淤泥较深的软泥地和流速大的细沙底水域。
人为因素	海域利用	避开海洋倾废区、盐场、电厂取排水口、码头、航道等人类活动影响严重区域。

附 录 C
(资料性附录)
临海侧护面分类及宜栽护坡植物选划

表 C.1 临海侧护面生态材料护面类型及其适用条件

分类	护面类型	护面结构	适用条件
天然材料护面	天然块石护面	利用天然块石砌体，依靠石块自身重量及石块接触面之间的摩擦力在外力作用下保持稳定，对海堤坡面进行防护。块石护面的方式主要包括散抛、理抛和干砌三种类型。	适用于斜坡式海堤。迎水坡坡比为 1:2 的，堤前有效波高≤1 m；迎水坡坡比为 1:3 的，堤前有效波高≤1.1 m；坡比为 1:5 的，堤前有效波高≤1.3 m；迎水坡为其他坡比的，堤前有效波高通过需根据物理模型试验进一步确定。
	石笼护面	利用镀锌钢丝等防锈防腐材料制作方形或圆柱形金属笼，笼内填满块石铺设在护坡上对海堤坡面进行防护。	适用于直立式、斜坡式及混合式海堤，堤前有效波高≤2 m。宜用于高滩淤积区，冲刷段不宜使用。可与其他护面类型结合使用。
土工合成材料护面	植物纤维垫护面	以椰丝或秸秆等天然纤维为基底，连同优质草籽、营养剂、定型网（加筋网）等多种材料，制作成护坡草毯，并直接铺设在护坡上对海堤坡面进行防护。	适用于斜坡式海堤，堤前有效波高≤1.5 m。适用于设计高潮位以上区域，可与其他护面类型结合使用。

	生态袋护面	由聚丙烯或者其他材料为原材料制成的双面熨烫针刺无纺布加工而成的袋子，内置种植土铺设在护坡上对海堤坡面进行防护。	适用于斜坡式海堤，堤前波高 $\leq 1.5\text{ m}$ 。适用于设计高潮位以上区域，可与其他护面类型结合使用。
	三维土工网垫护面	利用强度较高、柔韧性较好的聚丙烯或聚乙烯等高分子材料，制成三维结构的网垫，网垫内填充泡状膨松网包，网包内填沃土和草籽供植物生长，铺设在护坡上对海堤坡面进行防护。	适用于斜坡式海堤，堤前波高 $\leq 2\text{ m}$ 。可与其他护面类型结合使用。
	土工格室护面	利用聚丙烯、聚氯乙烯等高分子材料制成的网格状土工格室加筋固定的海堤护面。在土工格室内填入土、碎石、混凝土等松散物料，适用于不同的土质条件和工程类型。	适用于复式海堤中消浪平台上，堤前有效波高 $\leq 2\text{ m}$ 。可与其他护面类型结合使用。
人工材料护面	预制混凝土块护面	由一系列规格尺寸、外形形状、质量均相同的预制空心混凝土件通过铰接或拼接的方式进行连接形成的海堤护面。预制混凝土块应为容器状，具有蓄水保土功能。	适用于斜坡式海堤（海堤综合坡比 $> 1: 5$ ，单坡坡比 $> 1: 2$ ），堤前有效波高 $\leq 4\text{ m}$ 。设计高潮位以下预制混凝土块内不填土，设计高潮位以上填土。
	链锁式生态砖块护面	由一组尺寸一致的预制空心混凝土块相互连接而形成的链锁型矩阵护面。卡嵌结构。设计高水位以下不填土，高水位以上填土。	适用于斜坡式海堤（海堤综合坡比 $> 1: 5$ ，单坡坡比 $> 1: 2$ ），堤前有效波高 $\leq 2\text{ m}$ 。
	自嵌式生态砖块护面	依靠带有凸缘的块与块之间的嵌锁作用和自身的重量将预制空心混凝土块相互连接而形成的自嵌式矩阵护面。设计高水位以下不填土，高水位以上填土。	适用于斜坡式海堤，堤前有效波高 $\leq 4\text{ m}$ 。

	生态鱼巢砖护面	在海塘斜坡护面上设置的一种多孔砌块材料，通过凹凸相互咬合提高自身的安全稳固性，同时孔隙内可以生长许多藻类植物，可以成为海洋动物的食物，改善海塘临海侧的生态环境。	适用于直立式海堤，堤前有效波高 $\leq 4\text{ m}$ 。应优先用于堤前水深较深，平均低潮位以下区域。设计潮位以上区域可与其他护面类型结合使用。
	生态混凝土护面	在保证混凝土牢固性的同时，加入相应的轻质多孔岩石或炉渣或陶粒等、长效缓释肥料、保水材料、表层土等制作而成。	适用于斜坡式海堤，堤前有效波高 $\leq 2\text{ m}$ 。

表 C.2 护坡植物宜栽地区及种植方式

代码	植物名称	宜栽地区	种植方式
A	园草芦，又名蔺草 <i>Phalaris arundinacea</i> L.	温州	园草芦植株高大，叶茂，不宜与其他牧草混播，条播行距 30~45 厘米，每亩播量 3~4 斤，收种者可减半。春、秋季均可播种。园草芦喜水，在分蘖和每次收割之后灌水，结合追施氮肥，效果更好。
B	稗草 <i>Echinochloa crusgalli</i> (L.) Beauv.	温州	常进行播种。平均气温 12℃ 以上即能萌发。最适发芽温度为 25~35℃，土壤湿润，无水层时，发芽率最高。土深 8cm 以上的稗籽不发芽。在旱作土层中出苗深度为 0~9cm，0~3cm 出苗率较高。
C	双穗雀稗 <i>Paspalum paspaloides</i> (Michx.) Scribn.	温州	双穗雀稗主要以茎扦插，进行无性繁殖。种用根茎应选健康无病的植株，把茎连根掘起。如过长可剪成 0.5~1 米的茎条，平直埋入开好的浅沟里，后将细土覆盖。3-8 月都可种植，而以 4 月上、中旬最好，移植行距 20 厘米，株距 10 厘米。
D	龙爪茅 <i>Dactyloctenium aegyptium</i>	宁波、舟山、台州、温州	于花期（春秋两季）播撒种子。

E	厚藤 <i>Ipomoea pes-caprae</i> L. Sweet	温州	在藤蔓茎节的地方有不定根长出，重新栽植即可形成新的植株。也可用种子繁殖。栽培土质以砂土或砂质壤土为佳。排水、日照需良好，施肥可用有机肥，2~3 个月少量施用一次。生长适温 22~32℃。
F	单叶蔓荆 <i>Vitex trifolia</i> L. var. <i>simplicifolia</i> Cham.	舟山	单叶蔓荆的繁殖主要用播种与扦插的方法。扦插在 3-4 月或 7-8 月剪取当年生健壮的枝条作为插穗，剪成长 12~18 厘米的小段，下端剪成斜口，上端剪平口，上部留 2~3 个叶片，直插或斜插于素沙中，保持湿润，半个月即可生根。在 9-10 月，采收完全成熟的种子，除去杂质，晒干贮藏，翌春播种。采用条播方法，行距 40 厘米，沟深 4 至 5 厘米，用水灌沟，待水渗完后播种，播种密度为每平方米 200 粒左右，覆土 2~3 厘米厚。幼苗出土后，注意除草、浇水，苗高 30 厘米时即可移栽。
G	狗牙根 <i>Cynodon dactylon</i> L. Pers.	宁波、舟山、 台州	狗牙根可采用播种和根茎繁殖两种方法进行草坪建植。播种一般在晚春和初夏进行，这时气温较高，种子易发芽，其播种量为 5~8g/m²。播种时应选纯净度高、杂质少、发芽率高的种子。播种后应立即覆土镇压，使种子与土壤充分接触，覆土厚度为 2~4mm。播种后及时浇水灌溉，灌溉设备以雾化管为好，雾化程度高，可防止水滴太大将种子冲溅出土壤。为保持土壤湿润，可覆盖一层秸秆或无纺布，减少水分蒸发，利于苗全苗壮；分根茎法繁殖，一般在春夏季进行，以春末夏初最好。先将草坪成片铲起，冲洗掉根部泥土,将匍匐茎切片 3~5cm 的小段，将切好的草茎均匀撒于已整好的坪床上，然后覆一薄层细土压实，浇透水，保持土壤湿润，20d 左右即可滋生匍匐茎，快速成坪。

H	金银花 <i>Lonicera japonica Thunb.</i>	台州	金银花通过播种和扦插两种方式繁殖。 种子繁殖：4月播种，将种子在35~40℃温水中浸泡24h，取出拦2~3倍湿沙催芽，等裂口达30%左右时播种。在畦上按行距21~22cm开沟播种，覆土1cm，每2天喷水1次，10余日即可出苗，秋后或第2年春季移栽，每1hm²用种子15kg左右。 扦插繁殖：一般在雨季进行。在夏秋阴雨天气，选健壮无病虫害的1~2年生枝条截成30~35cm，摘去下部叶子作插条，随剪随用。在选好的土地上，按行距1.6m、株距1.5m挖穴，穴深16~18cm，每穴5~6根插条，分散形斜立着埋土内，地上露出7~10cm左右，填土压实（透气透水性好的沙质土为佳）。扦插的枝条开根之前应注意遮阴，避免阳光直晒造成枝条干枯。也可采用扦插育苗；在7~8月间，按行距23~26cm，开沟，深16cm左右，株距2cm，把插条斜立着放到沟里，填土压实，以透气透水性好的沙质土为育苗土，开根最快，并且不易被病菌侵害而造成枝条腐烂。栽后喷一遍水，以后干旱时，每隔2天要浇水1遍，半月左右即能生根，第2年春季或秋季移栽。
I	牵牛花 <i>Ipomoea nil (Linnaeus) Roth</i>	宁波、舟山、台州、温州	牵牛花子发芽温度为20~30℃，一般在四月末五月初播种于细沙土苗床中，湿度适中时大约10天左右萌发。
J		宁波、舟山、温州	海滨木槿苗木的繁殖方法为播种和扦插苗。 播种：海滨木槿种子适时湿沙层积催芽、幼苗期用遮阳网遮荫是保证播种育苗成功的关键。海滨木槿适宜播种期在清明前后，播种时，采用撒播或条播，最好用焦泥灰覆土，用遮阳网覆盖，经常喷水保持床面湿润，一般5月下旬至6月上旬齐苗。苗期及时拔草，发生食叶害虫时，及时用辛硫磷喷防。此外，施用适量尿素或复合肥可促进苗木生长； 扦插：海滨木槿耐寒良种嫩枝扦插最佳时间为7月中旬至8月中旬。一般选择在早上露水未干或阴天采集插穗。从海滨木槿耐寒良种母树上采集当年生且半

	海滨木槿 <i>Hibiscus hamabo Sieb. et Zucc.</i>		木质化的壮枝，采集的枝条应进行保湿并尽快运到穗条加工地。扦插前必须对插穗进行预处理，首先选择室外阴凉地或在室内将枝条剪成长度为 8~10 厘米留 2~3 片叶的插穗，下剪口以 45°角进行斜切，扦插深度为 3~4 厘米，株距 4 厘米、行距 5 厘米。然后用 250 毫克/千克 2, 4-D+1000 毫克/千克 NAA 混合液对插穗基部 0~4 厘米进行速蘸处理，时间为 3~5 秒。扦插后浇适量的水，以使基质与插穗接触紧密。
K	结缕草 <i>Zoysia japonica Steud</i>	宁波、舟山、台州、温州	结缕草的繁殖方法为播种和插茎繁殖。 播种:必须播在湿土上，覆土厚度以覆盖种子为宜。当年采收的新种子，经处理和催芽后，可在 7~8 月，当土壤温度在 30℃左右时进行播种，以保证出苗。播种量 180~210kg/hm ² ; 插茎繁殖:包括匍匐茎和根茎繁殖两种。每个插茎长 12~18cm，有 3~5 个芽或用多节的根茎部，沿地表划线插入土层，然后用覆盖物将茎枝覆盖，也可以用浅盘耕作和翻耕，将土覆在茎枝上，或用麦草秆、锯末等覆盖。插茎应在早春进行，以保证在一年中有最大的生长量。每公顷地需要每捆约 20kg 重的茎枝 900~1500 捆。在插条以后要尽快灌水，防止茎枝脱水，要保持土壤湿润，根据气候条件确定灌水次数及灌水量。

附 录 D
(资料性附录)
海塘综合生态修复效果评估分级表

序号	一级指标	二级指标	三级指标	评价分值			
				81~100 分	61~80 分	0~60 分	0 分
1	海塘生 境	生态连 通性	修复区水文连通性改善	改善效果显著	改善效果较好	改善效果一般	无改善
2			修复区生物体迁移扩散变化	改善效果显著	改善效果较好	改善效果一般	无改善
3			修复区营养物质传输变化	改善效果显著	改善效果较好	改善效果一般	无改善
4		地形地 貌	泥滩、沙（砾石）滩稳定性变化 情况	滩面无冲刷，岸滩稳定 时间 2 年以上	滩面有轻微冲刷，岸滩 稳定时间在 1-2 年	滩面集中几处有冲刷，岸滩稳 定时间在 0.5-1 年	滩面有严重冲刷，岸滩稳定 时间在 0.5 年以下
5			面积恢复率（%）	50%<指标值 ≤100%	25%<指标值≤50%	0≤指标值≤25%	指标值<0（新增滩涂围填 海）
6			岸线生态化率变化（无岸线修复 类项目可不选）	10%≤指标值	0<指标值<10%	≤0	-
7		海水水 质	水体中无机氮变化率（%）	10%≤指标值	5%≤指标值<10%	0≤指标值<5%	指标值<0（水质恶化）
8			水体中活性磷酸盐变化率（%）	10%≤指标值	5%≤指标值<10%	0≤指标值<5%	指标值<0（水质恶化）
9		沉积物 质量	沉积物中有机碳变化率（%）	10%≤指标值	5%≤指标值<10%	0≤指标值<5%	指标值<0（沉积物质量恶 化）
10			沉积物中硫化物变化率（%）	10%≤指标值	5%≤指标值<10%	0≤指标值<5%	指标值<0（沉积物质量恶 化）
11	生物生 态	生物资 源	底栖生物多样性指数	2≤指标值	1≤指标值<2	0≤指标值<1	-
12			养殖重要经济物种产量变化率 （养殖退出类项目可不选）	20%≤指标值	10%≤指标值<20%	-10%≤10% 指标值<	-50%（严重减产） <指标 值≤-10%
13			重点保护动植物资源量变化	10%≤指标值	10%≤指标值<5%	5%≤指标值≤0	指标值<0（资源量下降）
14			鸟类群落多样性指数	2≤指标值	1≤指标值<2	0≤指标值<1	-

15			入侵物种复发率（%）	指标值≤20%	20%≤指标值<60%	60%≤指标值<80%	指标值≥80%
16	典型生态系统	红树林/桉柳林	成活率（%）	75%≤指标值	75%≤指标值<45%	45%≤指标值≤10%	指标值<10%
17			郁闭度（%）	70%≤指标值≤100%	40%≤指标值<70%	20%≤指标值≤40%	指标值<20%
18			本土红树植物种类数（种）	6<指标值	4≤指标值≤6	1≤指标值≤3	0
19		牡蛎礁	存活率（%）	75%≤指标值	75%≤指标值<50%	10%≤指标值≤50%	指标值<10%
20			覆盖度（%）	20%≤指标值	10%≤指标值≤20%	2%≤指标值≤10%	指标值<2%
21			种类数（种）	6<指标值	4≤指标值≤6	1≤指标值≤3	0
22		盐沼	成活率（%）	75%≤指标值	75%≤指标值<45%	45%≤指标值≤10%	指标值<10%
23			盖度（%）	70%≤指标值≤100%	40%≤指标值<70%	20%≤指标值≤40%	指标值<20%
24			植物种类数（种）	8<指标值	4≤指标值≤8	1≤指标值≤4	0

注：二级评价重点指标下的三级指标均为必选指标，有特殊说明的除外；典型生态系统指标选择有涉及的修复类型即可。