



团 体 标 准

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

Technical guideline on coastal ecological rehabilitation for hazard mitigation—
Part 6: Oyster reef

2020-07-21 发布

2020-07-21 实施

中国海洋工程咨询协会 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 工作程序.....	2
5 资料收集与调查.....	2
5.1 资料收集.....	2
5.2 现场调查.....	2
6 适宜性评价.....	3
6.1 评价内容.....	3
6.2 牡蛎礁区生态状况评估.....	3
6.3 牡蛎礁减灾功能评估.....	3
6.4 牡蛎生境适宜性评价.....	4
7 实施方案编制.....	4
8 牡蛎礁生态减灾修复技术.....	4
8.1 修复方式选择.....	4
8.2 人工牡蛎礁体构建.....	4
8.3 牡蛎补充.....	5
8.4 后期管护.....	6
9 跟踪监测与效果评估.....	6
9.1 跟踪监测.....	6
9.2 效果评估.....	7
10 质量控制.....	8
11 成果与归档.....	8
附录 A（规范性附录）牡蛎礁减灾功能评估方法.....	9
附录 B（资料性附录）我国主要造礁牡蛎物种部分指标适宜范围.....	12
参考文献.....	13

前 言

T/CAOE 21《海岸带生态减灾修复技术导则》分为 11 个部分：

- 第 1 部分：总则；
- 第 2 部分：红树林；
- 第 3 部分：盐沼；
- 第 4 部分：珊瑚礁；
- 第 5 部分：海草床；
- 第 6 部分：牡蛎礁；
- 第 7 部分：砂质海岸；
- 第 8 部分：海堤生态化建设；
- 第 9 部分：连岛海堤和沿岸工程整治改造；
- 第 10 部分：围填海工程海堤生态化建设；
- 第 11 部分：监管监测。

本部分为 T/CAOE 21 的第 6 部分，与第 1 部分配套使用。

本部分按照 GB/T 1.1-2009 给出的规则起草。

本部分由自然资源部海洋预警监测司提出。

本部分由中国海洋工程咨询协会归口。

本部分起草单位：自然资源部第二海洋研究所、中国水产科学研究院东海水产研究所、自然资源部海洋减灾中心、中国科学院海洋研究所、大自然保护协会。

本部分主要起草人：孙丽、全为民、谭勇华、王德刚、陈新平、吕兑安、李莉、程杰、程珺、王威。

海岸带生态减灾修复技术导则

第 6 部分：牡蛎礁

1 范围

T/CAOE 21 的本部分规定了牡蛎礁生态减灾修复的工作程序、资料收集与调查、适宜性评价、实施方案编制、牡蛎礁生态减灾修复技术、跟踪监测与效果评估、质量控制以及成果与归档等内容。

本部分适用于海岸带保护修复工程中的牡蛎礁生态减灾修复工作，其他相关工作可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 12763.2 海洋调查规范 第 2 部分：海洋水文观测

GB/T 12763.6 海洋调查规范 第 6 部分：海洋生物调查

GB 17378.4 海洋监测规范 第 4 部分：海水分析

GB 17378.7 海洋监测规范 第 7 部分：近海污染生态调查和生物监测

GB/T 17501 海洋工程地形测量规范

SC/T 2026 太平洋牡蛎 亲贝

SC/T 2027 太平洋牡蛎 苗种

T/CAOE 20.7 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

T/CAOE 21.1-2020 海岸带生态减灾修复技术导则 第 1 部分：总则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

牡蛎礁 oyster reef

由活体牡蛎、死亡牡蛎的壳及其它礁区生物共同堆积组成的聚集体。

[T/CAOE 20.7-2020, 定义 3.1]

3.2

牡蛎补充量 oyster recruitment

单位面积内牡蛎稚贝的数量。

[T/CAOE 20.7-2020, 定义 3.5]

3.3

固着基 cultch

用于贝类浮游幼虫变态固着的一种基质。

3.4

人工牡蛎礁体 artificial oyster reef

由固着基经人为堆积或排布，组成适宜牡蛎幼虫变态固着的三维结构体。

3.5

固着基受限环境 cultch-limited environment

水文及生态环境适宜牡蛎生长、有足够的牡蛎补充量，但缺乏可供牡蛎固着生长的固着基的环境。

3.6

补充量受限环境 recruitment-limited environment

水文及生态环境适宜牡蛎生长且分布大量适合牡蛎固着生长的固着基，但牡蛎补充量低的环境。

4 工作程序

工作程序按照 T/CAOE 21.1-2020 第 6 章的规定执行。

5 资料收集与调查

5.1 资料收集

5.1.1 资料收集内容

资料收集包括以下内容：

- a) 工程区历史上牡蛎礁或牡蛎分布情况：位置、范围、牡蛎种类；
- b) 当地的法律法规、规划、区划资料；
- c) 工程区及周边 3km 范围内的海洋环境要素：水温、盐度、溶解氧、pH 值、沉积速率等；
- d) 海洋灾害状况：风暴潮、台风、灾害性海浪、赤潮等发生的频次与等级；
- e) 工程区及周边 3km 范围内的人类活动：渔业活动、海洋工程、陆源污染等。

5.1.2 资料时效性

一般不超过 5 年。

5.2 现场调查

修复工程实施前应开展 1 次全面调查。调查内容包括牡蛎礁、生物群落、环境要素、威胁因素，调查内容、调查要素、调查方法及要求见表 1。

表 1 工程区现场调查内容、要素、方法及要求

调查内容	调查要素	调查方法及要求
牡蛎礁	礁体：牡蛎礁斑块面积、礁体高度、礁区宽度	牡蛎礁斑块面积、礁体高度调查方法及要求按照 T/CAOE 20.7 的规定执行。 礁区宽度调查方法及要求： a) 方法：采用现场测量或无人机遥感影像提取等方式，测量牡蛎礁区垂直于海岸线方向的宽度。 b) 要求：无人机遥感影像分辨率应不低于 0.1m。
	牡蛎：物种、密度、补充量、壳高、肥满度、繁殖高峰期	物种、密度、补充量、壳高、肥满度调查方法及要求按照 T/CAOE 20.7 的规定执行。 繁殖高峰期调查方法及要求： a) 方法：牡蛎性腺解剖观察和牡蛎幼虫拖网镜检。 b) 要求：当牡蛎丰满、乳白色的软体部变成消瘦而透明时，认为亲贝已排放配子。幼虫壳高达 300 μm 以上，眼点幼虫比例达 30% 以上时，认为牡蛎幼虫处于固着高峰期。 c) 时间：牡蛎繁殖季节。 d) 频次：每三天 1 次。
生物群落	大型底栖生物：种类、密度	按照 GB/T 12763.6 的规定执行。
	浮游植物：种类、密度	
环境要素	水环境：水温、盐度、流速、溶解氧、pH 值	按照 T/CAOE 20.7 的规定执行。

	底质环境：底质类型、沉积速率	
	动力环境：水位、波高	a) 方法及要求：见附录 A. 1，具体按 GB/T 12763. 2 的规定执行。 b) 时间：风暴潮期间。
	水下地形：水深	按照 GB/T 17501 的规定执行。
威胁因素	自然因素：捕食者、竞争者	按照 T/CAOE 20. 7 的规定执行。
	人为因素：捕捞、滤食性贝类养殖、海洋工程、污染排放	

6 适宜性评价

6.1 评价内容

在牡蛎礁修复工程实施前，应开展适宜性评价，编制适宜性评价报告。评价内容包括牡蛎礁区生态状况评估、牡蛎礁减灾功能评估、牡蛎生境适宜性评价等内容；如果该区域无牡蛎礁分布，则无需进行本文件 6. 2 的生态状况评估和 6. 3 的减灾功能评估。

6.2 牡蛎礁区生态状况评估

6.2.1 评估对象

现有的牡蛎礁区。

6.2.2 评估内容及方法

牡蛎礁生态状况评估内容及方法按照 T/CAOE 20. 7 的规定执行。如果牡蛎礁受损，应分析受损原因。

6.2.3 评估结果

当牡蛎礁生态状况评估结果为“受损”或“严重受损”时，需开展牡蛎礁生态减灾修复。

6.3 牡蛎礁减灾功能评估

6.3.1 评估内容

牡蛎礁对风暴潮的消浪减灾作用。

6.3.2 评估指标

波高衰减率。

6.3.3 波高衰减率

波高衰减率为风暴潮期间波浪经过牡蛎礁体后，波高衰减量与来波有效波高的比值百分数，计算方法见公式（1）：

$$R_{wL} = \frac{H_0 - H_L}{H_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

R_{wL} ——波高衰减率；

H_0 ——牡蛎礁区向海一侧边缘处（向海点）的有效波高，单位为米（m）；

H_L ——牡蛎礁区向陆一侧边缘处（向陆点）的有效波高，单位为米（m）。

6.3.4 评估方法

见附录 A。

6.3.5 评估结果

根据波高衰减率将减灾功能分为优、良、中、差四个等级，具体见表 2。对于同一浪级，波高衰减率越高时，牡蛎礁的减灾效果越好，减灾功能评估等级越高。

表 2 波高衰减率对应的牡蛎礁减灾功能等级

波高衰减率	减灾功能等级
≥50%	优
≥30%~<50%	良
≥10%~<30%	中
<10%	差

6.4 牡蛎生境适宜性评价

6.4.1 评价指标

牡蛎生境适宜性评价指标见表 3。

表 3 牡蛎生境适宜性评价指标表

评价指标	评价要素	适宜范围
自然因素	牡蛎分布	历史上或现在有牡蛎礁或牡蛎分布的海区，或对牡蛎礁生态减灾功能有需求且环境适宜的海区。
	水温	水温适宜牡蛎生存。部分造礁牡蛎适宜水温可参考附录 B。
	盐度	盐度适宜牡蛎生存。部分造礁牡蛎适宜盐度可参考附录 B。
	溶解氧	连续 24h 中，16h 以上大于 5mg/L，其余任何时候不低于 3mg/L。
	pH 值	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 60cm/s。
	沉积速率	沉积速率小于牡蛎礁体高度增长速率。
人为因素	底质类型	选择较硬、泥沙淤积少的底质，避开淤泥较深的软泥底和流速大的细沙底水域。
	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。

6.4.2 评价结果

满足表 2 中所有要素的适宜范围，评价结果为“适宜”，表明评价区域适宜牡蛎栖息；不满足表 2 中任何一项要素的适宜范围，评价结果为“不适宜”，表明评价区域不适宜牡蛎栖息。

7 实施方案编制

实施方案编制按照 T/CAOE 21.1-2020 中 7.3 的规定执行。

8 牡蛎礁生态减灾修复技术

8.1 修复方式选择

根据第 6 章适宜性评价结果，可选择如下修复方式：

- 固着基受限环境，需添加固着基，构建人工牡蛎礁体；
- 补充量受限环境，需补充牡蛎；
- 兼具固着基受限和补充量受限环境，需先构建人工牡蛎礁体，再移植牡蛎。

8.2 人工牡蛎礁体构建

8.2.1 固着基材料

固着基材料包括贝壳、混凝土构件、固化后的粉煤灰、石头（碳酸岩）等硬质材料。选择固着基材料时，应注意以下事项：

- 选择无污染、环保、坚固耐用、易获得、成本低的材料；

- b) 根据固着基材料的适用范围和优缺点选择使用；
- c) 对不同固着基材料进行试验，选择当地种牡蛎偏好固着的材料。

8.2.2 设计要求

礁体的设计应符合以下要求：

- a) 能保持礁体有较好的稳定性，礁体建成后无滑移、倾覆、埋没等风险；
- b) 能满足在放置、运输、投放过程中的强度要求，并能抵抗波、流的冲刷磨损；
- c) 选择增大礁体表面积和表面粗糙度的结构；
- d) 在泥沙沉积速率较高的区域，采用与基底有较大接触面积的礁体结构型式。

8.2.3 建礁地点与布局

人工牡蛎礁体宜投放于潮间带低潮区（平均低潮水位1m以下）至潮下带（平均低潮水位时水深小于5m），或现有牡蛎礁受损区域。根据修复目标确定最佳的建礁地点、礁体结构和布局方案，应遵循以下原则：

- a) 以生态减灾功能为主的，宜将礁体建造于潮间带，使用石头、混凝土块等沉重材料，布局呈单层或多层长条状沿海岸线间断分布。
- b) 以生物多样性或鱼类增殖功能为主的，宜将礁体构造出复杂的三维结构。
- c) 以提升水质功能为主的，宜将礁体建造于潮下带，大面积均匀分散布设。

8.2.4 建礁时间

固着基受限环境，建礁时间应在牡蛎繁殖高峰期前1个月内；补充量受限环境，建礁时间应早于牡蛎移植时间。

8.2.5 礁体高度

礁体高度根据修复地点、修复目标和泥沙沉积速率确定，一般为0.2m~2m。潮下带礁体高度宜大于0.5m。如泥沙沉积速率较高，应提高礁体高度。

8.3 牡蛎补充

8.3.1 牡蛎选择

选择本地种的牡蛎成体或稚贝。

8.3.2 来源

牡蛎成体来源于人工养殖。

牡蛎稚贝来源于育苗场培育或自然海区半人工采苗。

8.3.3 运输

牡蛎成体运输参照SC/T 2026的要求执行。

牡蛎稚贝运输参照SC/T 2027的要求执行。

8.3.4 投放

8.3.4.1 投放地点

自然礁体或人工牡蛎礁体上。

8.3.4.2 投放方式

根据修复地点的位置确定以下投放方式：

- a) 修复地点位于潮间带的，应在低潮时将固着有牡蛎的固着基摆放或固定在礁体表面。

b) 修复地点位于潮下带的，固着基为混凝土构件、固化后的粉煤灰、石头、袋装贝壳等，在低平潮时从船上将固着基缓慢吊放至礁体表面；固着基为贝壳绳串等，应潜水投放，并采取措施将固着基固定在礁体表面。

8.4 后期管护

8.4.1 管护期

2年以上。

8.4.2 礁体标识

牡蛎礁修复工程结束后1个月内，进行牡蛎礁区面积测量及GPS定位，绘制牡蛎礁分布的数字地图，并在礁体四周设置明显标识。

8.4.3 清洁维护

每年至少开展1次常规维护，强台风、风暴潮、赤潮、绿潮、海洋污染等海洋灾害事件过后应增加1次应急维护。检查人工牡蛎礁体完整性和稳定性情况，对发生倾覆、破损、移位的人工礁体采取补救和修复措施。检查牡蛎礁表面及四周泥沙淤积和杂物堆积情况，视淤积程度开展相应的清洁维护工作。

8.4.4 清除敌害生物

不定期采取捕捉、驱赶等措施清除牡蛎的捕食者、竞争者和入侵生物等。

8.4.5 定期巡查

定期巡视检查，防止人为采捕和破坏。

8.4.6 适应性管理

礁区活体牡蛎密度较低时，需分析牡蛎成活率低的原因，调整修复方案。

9 跟踪监测与效果评估

9.1 跟踪监测

9.1.1 常规监测

牡蛎礁修复工程完成3个月后进行第一次监测，持续监测2年以上。常规调查时间和频率一经确定，应保持长期不变，以利年际间数据比较。监测内容包括牡蛎礁、生物群落和水环境，具体监测指标、方法和频率见表4。

表4 牡蛎礁生态减灾修复跟踪监测指标、方法和频率

监测内容	监测指标	监测方法	监测频率
牡蛎礁	牡蛎礁斑块面积 (hm ²)	按照 T/CAOE 20.7 的规定执行。	牡蛎繁殖期（一般在春末夏初）和当年生长季节结束（一般在冬季）各调查 1 次。
	牡蛎礁体高度 (m)		
	牡蛎密度 (ind/m ²)		
	牡蛎补充量 (ind/m ²)		
	成体牡蛎比例 (%)		
生物群落	定居性动物密度 (ind/m ²)	样方法。按照 GB/T 12763.6 的规定执行。	春季和秋季各调查 1 次。
	定居性动物生物量 (g/m ²)		
水环境	水温 (°C)	按照 T/CAOE 20.7 的规定执行。	
	盐度		
	溶解氧 (mg/L)		
	pH 值		
	悬浮物浓度 (mg/L)	采样法。按照 GB 17378.4 的规定执行。	
	叶绿素 a 浓度 (μg/L)	采样法。按照 GB 17378.7 的规定执行。	

9.1.2 应急监测

应急监测内容、时间和频率如下：

a) 根据赤潮灾害、溢油、污染物排放等突发事件的影响程度大小和范围，确定应急监测内容和频率；

b) 在高温期、0℃以下低温期、大量降雨、泄洪等特殊时段内，对水温、盐度、溶解氧、pH值等环境指标进行高频监测，一般不少于每周1次；

c) 在风暴潮灾害期间（风暴潮预警前1d~3d至风暴潮预警解除）开展水位和波高监测；在风暴潮预警解除后10d内开展生态系统现状调查，调查内容同表4。

9.2 效果评估

9.2.1 减灾效果评估

采用本文件6.3规定的方法。

9.2.2 生态效果评估

9.2.2.1 评估时间

牡蛎礁修复工程完成2年后。

9.2.2.2 评估对象

修复的牡蛎礁区。

9.2.2.3 选取参照系

以牡蛎礁修复前的状况或修复地点邻近水域牡蛎礁生态状况为参照系。

9.2.2.4 评估指标及计算

评估指标见表5，计算方法见公式（2）：

$$S_i = \frac{R_i - R_0}{R_0} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中：

S_i ——第*i*个评估指标的相对变化值；

R_i ——修复后监测的第*i*个评估指标的值；

R_0 ——第*i*个评估指标的基准值。

9.2.2.5 评估指标赋值

评估指标分级与赋值见表5。

表5 牡蛎礁生态效果评估结果赋值表

序号	指标	I	II	III
1	牡蛎礁斑块面积变化	>50%	>10%~≤50%	≤10%
2	牡蛎补充量变化	>50%	>10%~≤50%	≤10%
	赋值	100	75	50
3	牡蛎礁体平均高度变化	>50%	>10%~≤50%	≤10%
4	牡蛎密度变化	>50%	>10%~≤50%	≤10%
5	成体牡蛎比例变化	>50%	>10%~≤50%	≤10%
6	定居性动物密度变化	>50%	>10%~≤50%	≤10%
	赋值	50	37.5	25

7	悬浮物浓度变化	<-50%	≥-50%~<-10%	≥-10%
8	叶绿素 a 浓度变化	<-50%	≥-50%~<-10%	≥-10%
赋值		30	22.5	15
注 1: 序号 1、2 指标, 第Ⅲ级中, ≥-50%~<-10%, 赋值 25; <-50%, 赋值 0。				
注 2: 序号 3、4、5、6 指标, 第Ⅲ级中, ≥-50%~<-10%, 赋值 12.5; <-50%, 赋值 0。				
注 3: 序号 7、8 指标, >10%~≤50%, 赋值 7.5; >50%时赋值 0。				

9.2.2.5 生态效果评估

牡蛎礁生态效果评估结果计算方法见公式 (3):

$$V = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{\sum_{i=1}^n V_{iMAX}} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

V ——牡蛎礁生态效果评估计算结果;

V_i ——第 i 个参与评估的指标赋值结果;

V_{iMAX} ——第 i 个参与评估的指标的赋值满分。

牡蛎礁生态效果评估结果分级见表 6

表 6 牡蛎礁修复生态效果评估结果分级表

分级	V 范围	修复效果
I	≥75%	显著改善
II	≥50% ~ <75%	改善
III	<50%	基本无变化

10 质量控制

质量控制按照 T/CAOE 21.1-2020 第 8 章规定的要求执行。

11 成果与归档

成果与归档按照 T/CAOE 21.1-2020 第 9 章规定的要求执行。

附录 A
(规范性附录)
牡蛎礁减灾功能评估方法

A.1 现场观测方法

A.1.1 现场观测方法的适用性

现场观测方法适用于受灾频繁,且经济条件许可的待评估区域。在开展牡蛎礁减灾功能评估的年份,应至少有一次风暴潮对评估区域造成显著影响。

A.1.2 测量断面与测点选取

水位和波高调查采取断面观测方式,即断面应尽量与波浪传播方向平行,断面的选取应当能较好地反映牡蛎礁分布特征。当牡蛎礁分布区域特征差异较大时,应选取多个断面。每个断面测点不少于 2 个,分别位于牡蛎礁区向海一侧边缘处(向海点)和向陆一侧边缘处(向陆点)。具体调查方法按照 GB/T 12763.2 的规定执行。

A.1.3 观测要素

现场观测要素包括向海点和向陆点的波高和水位。

A.1.4 观测时间

现场观测时段应包含整个风暴潮影响期间(风暴潮预警前 1d~3d 至风暴潮预警解除)。

A.1.5 观测数据分析及计算方法

现场观测的有效波高序列选取其中最不利(有效波高最高最大)时段(时长可取为 30 分钟),将观测断面前后测点的有效波高 H_0 和 H_L 带入公式(1)(见本文件 6.3.3),计算得到波高衰减率 R_{wL} 。

A.2 物理模型试验方法

A.2.1 物理模型试验法的适用性

区域海洋灾害频率较低(评估年份内未发生影响待评估区域的风暴潮)或观测条件限制等导致无法进行现场观测的情况下,可采用物理模型试验方法。与经验公式法相比,物理模型实验法的优势在于可以评估具有形态复杂、分布不均的具有复杂特征的牡蛎礁减灾效果。

A.2.2 技术方法

A.2.2.1 模型物选取

物理模型需要选取模型礁体,可根据牡蛎礁体的结构特征,按照长度相似准则确定模型的尺寸,长度相似比尺 λ_L 如式(A.1)所示。

$$\lambda_L = \frac{L_p}{L_m} \dots\dots\dots(A.1)$$

式中:

λ_L ——长度相似比尺;

L_p ——原型礁体的特征长度;

L_m ——模型礁体的特征长度。

A. 2. 2. 2 模型物布置

根据实际礁体分布特征布置模型物。模型礁体宽度 L_{vm} 可根据长度相似比尺分别按照式(A.2)计算。

$$L_{vm} = \frac{L_{vp}}{\lambda_L} \dots\dots\dots(A.2)$$

式中：

L_{vp} ——原型礁体的特征宽度；

L_{vm} ——模型礁体的特征宽度。

A. 2. 2. 3 水位和波浪条件

根据待评估礁体近岸潮汐及波浪特征，模型水动力参数中波高和水位可采用长度比尺推求，计算公式如式(A.3)和式(A.4)所示。模型试验与原型参数还应符合重力相似准则，即原型弗洛德数与模型弗洛德数相等。根据长度比尺及重力相似准则，得到模型中波浪周期与真实海况周期的关系如式(A.5)所示。

$$H_{0m} = \frac{H_{0p}}{\lambda_L} \dots\dots\dots(A.3)$$

式中：

H_{0p} ——原型水动力参数的特征有效波高；

H_{0m} ——模型水动力参数的特征有效波高。

$$\eta_m = \frac{\eta_p}{\lambda_L} \dots\dots\dots(A.4)$$

式中：

η_p ——原型水动力参数的特征水位；

η_m ——模型水动力参数的特征水位。

$$T_m = \frac{T_p}{\sqrt{\lambda_L}} \dots\dots\dots(A.5)$$

式中：

T_p ——原型水动力参数的特征有效波周期；

T_m ——模型水动力参数的特征有效波周期。

A. 2. 2. 4 水槽及测量仪器布置

物理模型实验的实验水槽首端应布设具备主动吸波功能的造波设备。模型布置在水槽中部，与造波设备相隔一定距离。在模型区后，经过一段距离后设置消波设备。实验室通常采用数字波高仪测量波浪在礁区的传播衰减，可将波高仪布置在礁区及其前后，波高仪测点至少为3个（礁体的前、中、后边缘各一个）。

A. 2. 3 试验数据分析及计算

利用模型试验得到的数据，将试验工况的水位、波高、周期等水动力参数及礁体的宽度、高度等参数以公式(A.3)-公式(A.5)计算相应的参数，并将待评估原型牡蛎礁体减灾区前后的波高 $H_0 = H_{0p}$ 和 $H_L = H_{Lvp}$ 带入到公式(1)，即可计算得到波高衰减率 R_{WL} 。

A. 3 数值模拟方法

A. 3. 1 数值模拟法的适用性

在区域海洋灾害频率较低（评估年份内未发生影响待评估区域的风暴潮）或经济技术条件不允许采用现场观测方法时，若掌握了区域礁体长度、宽度等分布区域特征，以及礁体粗糙度等特征参数、水动力条件，且有成熟的数值模拟技术条件时，可采用此法评价牡蛎礁减灾功能。

A. 3. 2 数值模型

现有的牡蛎礁与波浪相互作用的数值模型可以利用工程中常用的海浪模型，例如 SWAN(Simulating WAves Nearshore) 模型，但是需要对模型在牡蛎礁区域的相关参数进行修正。具体的数值模拟可根据实际需求和计算能力等条件选择合适的数值模型，模型具体使用时可查阅相关的模型使用说明书，并结合实测资料对模型在该区域的模拟运算就行调试。

A. 3. 3 数值模拟结果分析及计算

采用数值模拟方法评估减灾功能时，应采用真实尺度进行模拟计算，并将模拟得到的待评估牡蛎礁体前后的波高 H_0 和 H_L 带入到式(1)，即可计算得到波高衰减率 R_{wL} 。

A. 4 评估方法的选取

评估方法的选取，应结合区域的现场条件、经济条件、技术设备以及实验条件综合考虑。在条件允许时，应优先考虑现场观测法直接测量计算风暴潮期间牡蛎礁的波高衰减率。当条件有限，如近些年没有风暴潮影响评估区域，无法进行风暴潮灾害期间的现场观测时，可采用其他方法：如物理模型实验条件允许，可采用物理模型进行评估，要确保原型礁体参数与海洋水动力参数真实可靠；当采用数值模拟方法评估时，应注意选取可靠的数值模型、确保礁体特征合理准确的参数化。

附录 B
(资料性附录)
我国主要造礁牡蛎物种部分指标适宜范围

表 B.1 给出了我国主要造礁牡蛎物种部分指标适宜范围。

表 B.1 我国主要造礁牡蛎物种部分指标适宜范围

牡蛎物种	主要分布	繁殖期	繁殖期温盐		生长期温盐	
			温度	盐度	温度	盐度
香港牡蛎 <i>Crassostrea hongkongensis</i>	广东、广西及海南沿海，潮间带至 10 米水深的浅海。	4 月~7 月 9 月~11 月	24℃~31℃	3~20	6℃~32℃	3~20
福建牡蛎（原葡萄牙牡蛎） <i>Crassostrea angulata</i>	浙江、福建、广东、广西、台湾及海南沿海，潮间带至 10 米水深的浅海。	4 月~10 月	22℃~30℃	20~30	5℃~30℃	25~30
长牡蛎 <i>Crassostrea gigas</i>	辽宁至江苏沿海，潮间带至 10 米水深的浅海。	5 月~8 月	20℃~26℃	20~30	5℃~30℃	20~32
熊本牡蛎 <i>Crassostrea sikamea</i>	江苏南通以南沿海的海湾及河口潮间带区域。	6 月~8 月	20℃~28℃	18-35	5℃~30℃	7~30
近江牡蛎 <i>Crassostrea ariakensis</i>	鸭绿江口到海南沿海，低潮线至 10 米水深的河口、海湾及附近浅海。	5 月~8 月	24℃~31℃	15~25	3℃~32℃	6~33

参 考 文 献

- [1] GB11607—89 渔业水质标准
 - [2] NY/T 5155—2002 无公害食品 近江牡蛎养殖技术规范
 - [3] SC/T 9416—2014 人工鱼礁建设技术规范
 - [4] DB33/T 457—2014 牡蛎养殖技术规范
 - [5] DB37/T 458—2010 无公害食品 太平洋牡蛎养殖技术规程
 - [6] DB37/T 716—2007 滩涂贝类养殖技术规程
 - [7] DB33/T 846—2011 海洋底栖贝类增殖放流技术规范
 - [8] Baggett, L.P., S.P. Powers, R. Brumbaugh, et al. Oyster habitat restoration monitoring and assessment handbook. Arlington, The Nature Conservancy, 2014. 96pp.
 - [9] Fitzsimons, J., Branigan, S., Brumbaugh, R.D.等.贝类礁体修复指南.阿灵顿,大自然保护协会(TNC), 2019.
-