

# 海堤生态化建设技术导则

Technical guide for seawall ecological improvement

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2022.08.18）

2022 - XX - XX 发布

2022 - XX - XX 实施

## 目 次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 基本原则 .....	2
4.1 以人为本，安全优先 .....	2
4.2 尊重自然，协同增效 .....	2
4.3 因地制宜，分类施策 .....	2
4.4 陆海统筹，协调发展 .....	2
5 工作流程 .....	3
5.1 工作流程图 .....	3
5.2 资料收集与实地调查 .....	4
5.3 安全与生态问题诊断 .....	4
5.4 适宜性评估 .....	4
5.5 生态化方案设计 .....	4
5.6 工程施工与交工验收 .....	4
5.7 跟踪监测与评估 .....	4
5.8 竣工验收 .....	4
6 资料收集与实地调查 .....	4
6.1 资料收集 .....	4
6.2 实地调查 .....	5
6.3 结果资料 .....	5
7 安全与生态问题诊断 .....	5
7.1 安全问题诊断 .....	5
7.2 生态问题诊断 .....	5
8 适宜性评估 .....	6
8.1 评估内容 .....	6
8.2 评估方法 .....	6
8.3 评估结果 .....	6
9 生态化方案设计 .....	6
9.1 基本要求 .....	6
9.2 堤前带生态修复 .....	7
9.3 堤身带生态化改造 .....	9
9.4 堤后带生态空间营造 .....	10
9.5 技术文件要求 .....	10
10 工程施工与交工验收 .....	11

10.1	施工要求 .....	11
10.2	施工组织 .....	11
10.3	交工验收 .....	11
11	跟踪监测与评估 .....	11
11.1	跟踪监测 .....	11
11.2	效果评估 .....	12
12	竣工验收 .....	13
12.1	竣工验收 .....	13
12.2	后续管护 .....	13
附录 A (资料性)	生态海堤推荐植物与材料 .....	14
附录 B (资料性)	海堤生态化建设内容及效果监测评估报告编制大纲 .....	15
附录 C (资料性)	典型海堤改造断面图 .....	17
参考文献	.....	20

## 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专利的责任。

本文件由广东省自然资源厅提出、归口，并组织实施。

本文件起草单位：广东省土地调查规划院、自然资源部第三海洋研究所、中环宇恩（广东）生态科技有限公司、中水珠江规划勘测设计有限公司、珠江水利委员会珠江水利科学研究院、中交第二航务工程勘察设计院有限公司、广州市海洋双碳研究会。

本文件主要起草人：岳文、林立、刘建辉、黄春华、郑鹏一、朱旭、汤德福、侯雨坤、侯棚、朱小伟、赵绍华、周秋伶、戚洪帅、刘晓建、张永恒、李瑞慧、王其松、刘连胜、杨丽英、毕树根、程凯、张勇、温少文、王世俊、冯宁霞、黄力、林阳阳、谢韵妍、周治刚、冯天乔、陈来明、叶攀。

# 海堤生态化建设技术导则

## 1 范围

本文件规定了广东省海堤生态化建设的基本原则、工作流程、资料收集与实地调查、安全与生态问题诊断、适宜性评估、生态化方案设计、工程施工与交工验收、跟踪监测与评估、竣工验收等。

本文件适用于广东省管辖海域范围内已建海堤的生态化建设工作，新建、改扩建海堤的生态化建设工作可参照使用。

## 2 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（所有部分） 海洋调查规范
- GB/T 14914.2 海洋观测规范 第2部分：海滨观测
- GB 17378（所有部分） 海洋监测规范
- GB/T 17501 海洋工程地形测量规范
- GB/T 51015 海堤工程设计规范
- GB 50179 河流流量测验规范
- GB/T 41339.1 海洋生态修复技术指南 第1部分：总则
- HY/T 255 海滩养护与修复技术指南
- HY/T 084 海湾生态监测技术规程
- LY/T 1820 野生植物资源调查技术规程
- SL 188 堤防工程地质勘察规程
- SL/T 794-2020 堤防工程安全监测技术规程
- SC/T 9416-2014 人工鱼礁建设技术规范
- DB44/T 182 广东省海堤工程设计导则（试行）
- T/CAOE 1 围填海工程海堤生态化建设标准
- T/CAOE 20-2020（所有部分） 海岸带生态系统现状调查与评估技术导则

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

海堤 seawall

为防御风暴潮（洪）水和波浪对防护区的危害而修筑的堤防工程。

[来源：GB/T 51015-2014，2.0.1]

### 3.2

### 生态海堤 ecological seawall

为防御风暴潮水及海浪侵蚀对防护区的危害，注重生态系统需求，集防护、生态和美学于一体而修筑的堤防工程。

### 3.3

#### 海堤生态化 seawall ecological improvement

利用植被、环境友好材料和工法结合，对已建海堤进行改造，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。

[来源：《海洋生态修复技术指南（试行）》，3.24]

### 3.4

#### 生态恢复岸线 ecological restoration coastline

经整治修复或自然恢复后具有自然海岸形态特征和生态功能的海岸线。

### 3.5

#### 堤前带 front dike zone

海堤迎海坡脚向海一侧一定宽度的区域。

### 3.6

#### 堤身带 dike zone

海堤迎海坡堤脚线与背海坡堤脚线之间的区域，包括迎海坡坡面、堤顶、背坡坡面和堤脚线。

### 3.7

#### 堤后带 behind dike zone

海堤背水坡脚往陆域延伸一定宽度的区域。

## 4 基本原则

### 4.1 以人为本，安全优先

海堤生态化应以提升防灾减灾能力为首要考虑，确保不降低海堤原有的防护力，切实保障防洪防潮防浪安全和公众生命财产安全。

### 4.2 尊重自然，协同增效

应尊重自然、顺应自然，注重提升海堤生态系统服务功能和生物多样性，促进生态保护修复建设和减灾协同增效。

### 4.3 因地制宜，分类施策

充分考虑海堤所处区域的生态系统特性、水文动力和海洋灾害等自然条件，因地制宜，分区分类实施海堤生态化建设。

### 4.4 陆海统筹，协调发展

坚持陆海统筹，协调海岸带保护与利用空间格局，统筹考虑经济社会发展与海洋开发利用，实现布局协调和功能兼顾。

### 5 工作流程

#### 5.1 工作流程图

海堤生态化建设工作程序包括资料收集与实地调查、安全与生态问题诊断、适宜性评估、生态化方案设计、工程施工与交工验收、跟踪监测与评估、竣工验收七个步骤，一般工作流程见图1。

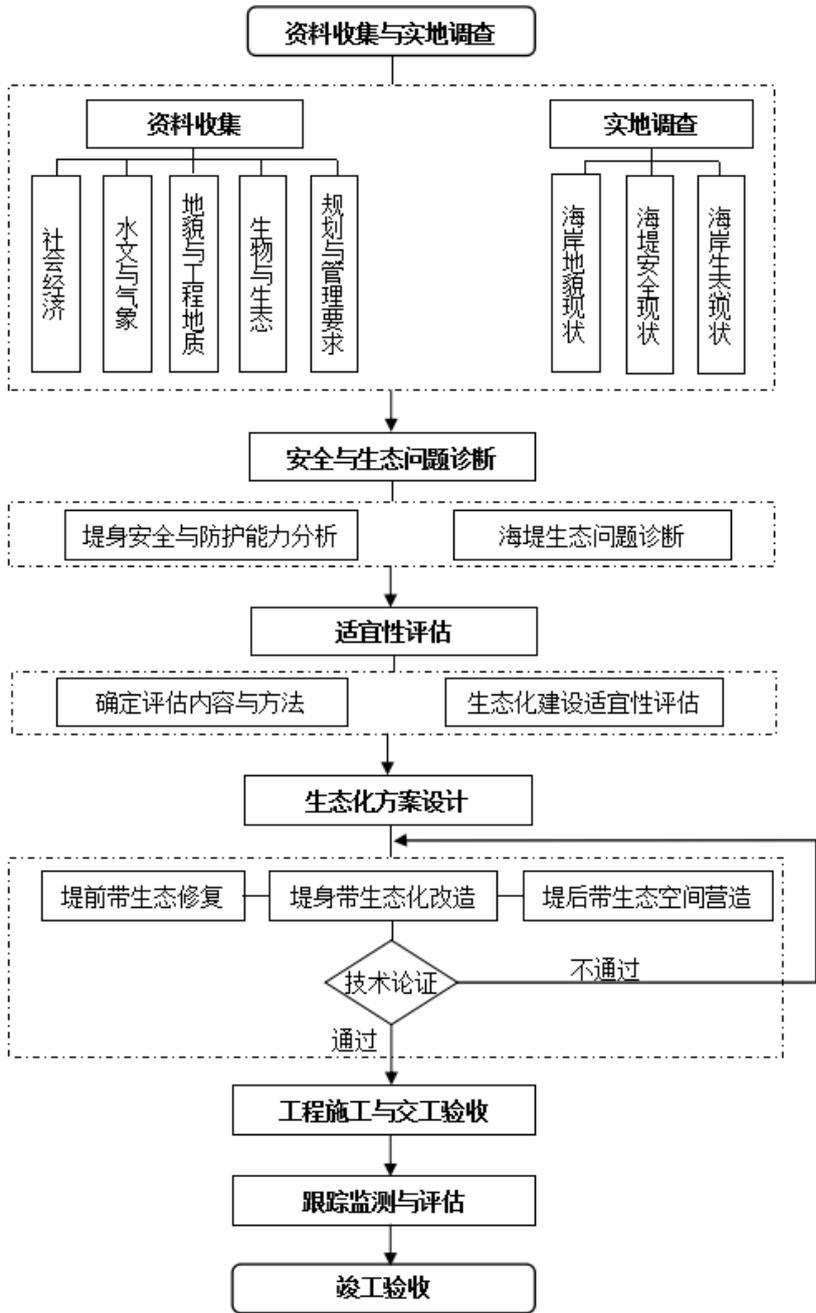


图1 海堤生态化工作流程图

## 5.2 资料收集与实地调查

主要收集海堤工程区的社会经济、气象与水文、海岸地貌与工程地质、生态环境与生态系统特征等资料，国土空间规划和生态海堤建设等相关专项规划及管控要求、原海堤工程设计与施工资料；开展海岸地形地貌现状、海堤安全现状、海岸生态现状等方面的前期调查。具体资料可根据实际情况调整相应调查内容。

## 5.3 安全与生态问题诊断

开展海堤堤身安全与防护能力分析，并诊断海堤所在区域的海岸生态问题。

## 5.4 适宜性评估

对比海堤生态化建设工程实施前和预测工程实施后海堤安全性和生态性指标，开展建设适宜性评估。

## 5.5 生态化方案设计

基于不降低海堤安全性、提升海堤生态性的原则，制定海堤生态化设计方案及跟踪监测要求，并根据需要开展专题论证，编制系列技术文件。

## 5.6 工程施工与交工验收

按照设计方案，科学合理安排施工，施工全部完成后进行工程交工验收。

## 5.7 跟踪监测与评估

按照设计方案制定的监测要求，开展跟踪监测评估工作，编制海堤生态化建设效果监测评估报告。

## 5.8 竣工验收

根据海堤生态化建设目标、建设内容与监测评估结果，开展项目竣工验收，并做好后续常态化管护。

# 6 资料收集与实地调查

## 6.1 资料收集

6.1.1 海堤生态化建设应具备工程所在区域相对完整的自然地理单元及其行政区的基础资料，包括社会经济、水文气象、地形地质、生物生态、相关规划等。

6.1.2 社会经济资料包括海堤工程防洪（潮）保护区、海堤工程区的社会经济及相关规划资料、权属情况，应以海堤工程所在地人民政府统计和发布的最新数据资料为准。

6.1.3 地形地质、生物生态等环境资料宜以收集长期历史资料为参考，能够反映工程区地形地貌、环境变化和生态系统演替过程，宜包括近5年的资料。

6.1.4 海堤生态化建设资料收集的要素和方法等具体内容，宜结合项目需求从表1中进行选取。

表1 海堤生态化建设资料收集内容要素与方法

资料内容		内容要素	方法标准
社会经济		海堤工程区的社会经济资料及相关规划资料、权属情况	DB44/T 182
水文气象		气候条件、波浪条件、潮汐潮流、台风浪及风暴潮灾害特性、设计波要素、水体交换等	GB/T 14914.2 GB/T 12763.2
地形地质		海区地形地貌、潮汐通道、底质类型、沉积物性状、海堤封闭区域内的水深地形等历史和现状数据	GB/T 17501
生物生态	堤前岸滩生境	植被情况（物种、分布、盖度和密度、健康状况）、水文环境、底栖和游泳生物、藻类等生物群落和生物多样性等生态要素数据	GB/T 17378.7
	堤后陆域植被	陆侧植被的物种、分布、盖度和密度、健康状况	LY/T 1820
	生态威胁	人为干扰、海漂垃圾、生物入侵、污损生物和病虫害等生态威胁因素	GB/T 12763.9
海堤状况		工程地质、海堤结构形式及原设计建设标准（包括防潮、防渗、防冲刷等）、海堤结构安全性与耐久性现状、海堤两侧区域使用情况等	GB/T 51015 SL 188

## 6.2 实地调查

6.2.1 实地调查以实地踏勘、无人机遥感测量、人员访谈等方式对海堤工程所在区域进行调查，实地踏勘范围应充分体现海洋生态系统的完整性，统筹考虑海堤所在生态功能空间，以堤前带、堤身带和堤后带为主。

6.2.2 现有海堤通过改、扩建进行生态化建设，应重点调查其海堤结构等设计参数，现状与受损情况，为生态环境问题诊断提供基础数据支撑。

6.2.3 改、扩建生态海堤的生态化建设，还应调查已建海堤工程现状及管护情况。

## 6.3 结果资料

主要包括文字图片材料、调查数据表、调查照片、音频视频、实际材料图等。

## 7 安全与生态问题诊断

### 7.1 安全问题诊断

7.1.1 对现有海堤进行海堤生态化建设，需进行安全问题诊断。诊断内容主要包括堤顶高程、堤顶宽度、越浪量、渗流及渗透稳定性、整体抗滑稳定性、护面块体重量、挡墙及防浪墙抗滑/倾稳定性等，具体计算方法按照 GB/T 51015 执行。

7.1.2 采用检测评估数据作为问题诊断支撑，若诊断结果为不安全，应优先保障其安全性，然后再考虑生态化建设。

### 7.2 生态问题诊断

7.2.1 基于前期收集的生态环境现状资料、数据，对海堤生态化建设区域的生态问题进行分析诊断，内容及对应的指标如表 2。

7.2.2 依据表 2 确定生态问题类型，海堤常见生态问题包括生境破坏、生物群落退化，生物多样性降低，生态系统服务功能降低等。诊断方法推荐采用类比分析法，根据海堤实际情况和数据获取情况进行分类分析。

表2 海堤生态问题诊断主要内容与指标参数

类别	内容	具体指标或参数
生境条件	地形和水动力条件	地形、波浪、潮流、纳潮量
	沉积物环境	底质类型及其分布, 沉积物粒径, 沉积物污染物
	水体环境	溶解氧、BOD、COD、无机氮、磷酸盐、石油类、重金属等
生物群落结构	指示物种	指示物种的分布、生物量、密度等
	海洋植被	物种数及其组成、植被覆盖面积、植被郁闭度/覆盖度、生物量等
	生物物种	海岸植被、浮游生物、底栖生物、游泳生物、滨海鸟类等物种数及其组成
	生物群落结构指数	多样性指数、丰富度指数、均匀度指数、生物群落生物量和密度
生态系统服务功能	初级生产力	海岸植被初级生产力、海水水体初级生产力
	海岸防护	生物海岸长度和宽度
	休闲娱乐	访客人数等

## 8 适宜性评估

### 8.1 评估内容

8.1.1 海堤生态化建设应遵循防御能力不降低、生态功能有提升的原则, 适宜性评估内容包括海堤安全性指标及工程所在区域的生态性指标。

8.1.2 海堤生态化建设适宜性评估可适当关注经济性指标、与区域相关规划的相符性及当地景观的协调性。

### 8.2 评估方法

对比工程实施前和预测实施后海堤安全性指标计算值和生态性评价指数, 基于海堤防御能力不降低、生态功能有提升的原则, 综合判定海堤生态化建设适宜性。

### 8.3 评估结果

8.3.1 工程实施后, 海堤安全性不会降低且海堤生态性有提升的, 可判定海堤生态化建设适宜。

8.3.2 对海堤工程提升加固时同步进行的、能显著提升海堤防御能力的生态化建设, 直接判定为适宜。

8.3.3 具有以下情形之一的, 判定为不适宜:

- a) 工程实施后, 海堤安全性将会降低;
- b) 工程实施后, 海堤生态性不会提升。

8.3.4 若工程在经济上极不合理, 与区域有关规划相冲突, 或对邻近重要的人文景观、自然景观、生态保护区等有较大影响, 可判定为不适宜。

## 9 生态化方案设计

### 9.1 基本要求

9.1.1 海堤生态化建设工程应通过新增堤前生态措施、对堤身进行生态化建设达到消浪防潮(洪)目

的，并加强堤后空间生态性。海堤生态化建设宜满足物理、生态和文化三大功能，具体如下：

- a) 物理抵御、减灾防灾功能是海堤的基础及主要功能；
- b) 保留并建设现状海堤接近于自然的植被要素；
- c) 尽量满足当地休闲、娱乐、展现地方人文特色及科普教育的需求。

9.1.2 海堤生态化建设工程布置应以保障工程所在海岸防灾减灾能力、提升工程所在海域环境承载力、增强工程所在区域生态系统功能稳定性为原则，根据工程所在海域和陆域特点，统筹海上、陆上的区域社会经济发展情况，遵循空间管控和生态功能保护约束，避让制约因素，满足海岸线利用与保护相关管控及工程周边规划要求，结合生态需求合理布置，海堤生态化建设内容见附录 B.1。

9.1.3 海堤生态化设计内容应根据迎海坡堤脚、迎海坡坡面、堤顶面、背海坡坡面等不同部位，分别采用针对性强、生态性好、可行性优的工程或生态措施。设计不应降低现有海堤防潮（洪）标准；稳定、渗流、变形和抗冲刷等各项安全指标应符合 GB/T 51015 的相关规定。

9.1.4 海堤生态化设计如对原海堤结构形式造成影响的，原则上应开展海堤安全影响分析，确保生态化建设后海堤的防潮能力不发生降低，且不会产生结构安全问题。

9.1.5 设计潮（水）位、波浪爬高及波浪要素计算、波浪作用力参考 DB44/T 182。对于堤前植有防浪林的波浪爬高，应先确定防浪林消浪后的堤脚前波高，再计算波浪爬高值。防浪林的消波系数可参考 DB44/T 182-2004 附录 J 中 J.0.10 的相关规定确定。

9.1.6 海堤生态化设计应衔接海岸线管理要求，建设后的效果评估应满足生态恢复岸线相关的验收要求或界定标准，典型海堤改造断面图见附录 C。

9.1.7 海堤生态化建设重点在于堤前带及堤身带，堤后带可结合实际情况确定，总体应遵循以下构建原则：

- a) 海堤迎海坡的坡面、堤顶和堤脚应综合考虑生态、景观、亲水和防灾减灾等要素，根据堤前带区域动力、地貌和生境条件，针对恢复岸滩形态、防止岸滩侵蚀、提升岸滩生态功能等不同的岸滩治理需求，综合考虑采取退养还滩、清淤补水、促淤保滩、海滩养护、植被修复等方式开展堤前岸滩防护和生态修复；
- b) 因地制宜地采用生态格栅、生态护面（含生态袋、植物砌块、生态溢水砖、箱式绿化挡墙等）等生态设计措施，构建海堤生态化建设的有利条件；
- c) 因地制宜地构建灌草结合、多种群交错的梯度布局，尽量选取本土物种、防风抗浪、耐盐碱植物品种进行植被种植和养护，提高护岸植被物种多样性，发挥堤前带和堤身带的综合减灾效能。

## 9.2 堤前带生态修复

### 9.2.1 一般规定

9.2.1.1 根据广东省海岸带自然属性，堤前带可分为淤泥质海岸、砂质海岸及基岩质海岸，其设计应遵循以下规定：

- a) 植物的选用根据工程区域的滩面高程、盐度、温度、流速、风浪条件等因素综合确定，采用的植物宜以乡土植物为主，严格控制外来种，禁止引进入侵种；
- b) 生态修复工程宜采用透水性好、空隙率大、环境友好的材料，以利于植物生长、动物栖息、生态系统恢复等。常见植物及生态材料见附录 A；

- c) 强风浪的开敞海区的海堤生态化改造,在确保海堤护面强度的前提下,可抛投适宜生物附着栖息的材料,如大孔隙率的混凝土块、表面凹凸不平的块石或面板材料。

9.2.1.2 堤脚线常年位于多年平均低潮位以下的人工岸线,不区分堤前带类型,因地制宜采取适当的生态修复措施,如设置不规则模仿岩礁、人工鱼礁、牡蛎礁等,营造具有多样性的生境。

## 9.2.2 淤泥质海岸带

### 9.2.2.1 滩面修复

对于滩面侵蚀不稳定的岸段,进行海堤生态化改造应对滩面进行修复,措施如下:

- a) 结合当地的波浪、泥沙、水流等动力条件,采用生物措施和工程措施进行保滩促淤修复。生物措施有红树林、芦苇属、蔗草属、短叶茳茳、牡蛎礁等;工程措施有丁坝、顺坝(离岸堤)等,也可采用抛石、碎石袋、石笼、预制小型构件等护滩;
- b) 红树林修复区底质污染的,宜采用换填底泥、生物降解等措施修复受损滩涂;
- c) 滩面高程宜满足红树林周期性淹水出露条件及淹水时间,局部高程不满足的,可对现状滩涂进行局部微地形改造,可采用带状填挖或堆岛的方式改变滩面高程,但不宜大幅改变现状滩涂高程。

### 9.2.2.2 红树林修复

对于适宜种植红树林的岸段,可结合海堤生态化改造进行红树林修复,措施如下:

- a) 堤前已有红树林的,可利用现有红树林进行植物群落多样性修复;
- b) 为丰富生物群落多样性和提高生态系统的稳定性,结合当地红树林群落调查资料,宜采用不同种类红树林混合种植、红树与半红树植物组合种植等修复方式,也可营造复合生态系统,如红树林-盐沼生态系统、红树林-海草床生态系统等;
- c) 堤前有景观功能需求的,红树林修复宜以低矮树种为主,成树高度不应遮挡堤前景观形成;
- d) 红树林修复除满足景观生态需求外,还应符合航道船舶通行及行洪纳潮影响的管控要求。

### 9.2.2.3 动物栖息地修复

条件适宜的岸段,可结合海堤生态化改造修复动物栖息地,措施如下:

- a) 采用人工鱼礁、牡蛎礁、鱼巢砖、生态块体等大空隙率、透水好的结构材料,构建缝隙、孔穴和鱼鳞坑水洼,营造异质性生境,改善潮间带生物栖息地质量:
  - 人工鱼礁投放应选择地形坡度平缓的水域,对于水流条件复杂的水域,为保证鱼礁的稳定性,宜通过物理模型试验确定,人工鱼礁选址具体参照 SC/T 9416-2014;
  - 牡蛎礁投放位置根据修复目标确定,以减灾功能为主要目标的,宜布置于潮间带;以提升水质为目标的,宜布置于潮下带。礁基可选择混凝土桩、块石、金属笼、木桩等。
- b) 对于有水鸟经常觅食的滩涂,不宜在水鸟觅食的光滩进行红树林修复,宜在水鸟觅食区设置鸟类临时栖息场所,如木桩、竹桩、突出的人工礁石等。

### 9.2.2.4 亲水步道、栈道及平台

条件适宜的岸段,可结合海堤生态化改造在堤前修建亲水便民及管护设施,措施如下:

- a) 亲水步道、栈道及平台等堤前设施布置应尽量保持河岸或海岸自然状态;
- b) 根据红树林管护或其他需求设置的便道或平台,不宜深入主河槽。

## 9.2.3 砂质海岸带

### 9.2.3.1 沙滩修复

沙滩稳定的区域维持自然状态，避免人为干扰活动。无沙滩区域，有减灾和景观需求且具备沙滩建设条件的，必要时辅助以人工构筑物，塑造人工沙滩。

沙滩侵蚀区域宜进行沙滩修复，采取沙丘构建、沙滩养护等措施，必要时辅助以人工构筑物，如人工岬头、丁坝、顺坝（离岸堤）、生态潜堤等，避免岸线侵蚀威胁海堤的安全。沙滩设计参照HY/T 255。

### 9.2.3.2 生态修复

条件适宜的砂质岸段，可根据需求开展生态修复和生境修复，措施如下：

- a) 水质良好、无大量悬浮泥沙来源、流速平缓等条件适宜的砂质岸段可进行海草床修复，具体植物见附录 A；
- b) 沙滩滩肩较宽时，可在高滩种植沙生植物；
- c) 水质良好、流速平缓等条件适宜的区域可抛投人工鱼礁、人工生物礁等修复鱼类、珊瑚及其他生物群落栖息场所。

### 9.2.4 基岩质海岸带

基岩质海岸设计以维持岸线的自然状态为主，可模仿岩礁生态系统设置不规则石块、人工鱼礁、牡蛎礁等，营造具有多样性的生境。

## 9.3 堤身带生态化改造

### 9.3.1 堤线布置

9.3.1.1 堤线布置应以流域综合、河口、防潮（洪）等规划为基础，结合地形地质条件、河口海岸和滩涂演变规律、区域水动力和生态环境条件等，同时考虑已有工程状况、施工条件、防汛抢险、堤岸维修管理、征地拆迁、文物保护等因素，经技术经济比选后综合分析确定。

9.3.1.2 海堤平面形态宜结合地形地貌布设，避免水动力条件发生重大变化，应尽可能避免单纯的直线化、规则化。

9.3.1.3 对严重影响区域生态环境的海堤，可采取退缩建坝、增设潮汐通道等措施，恢复海域生态系统的完整性和连通性。

9.3.1.4 海堤平面形态可考虑多种组合式布置，主堤与离岸堤、突堤、潜堤、滩涂植被等组合，形成生态保护与防灾减灾协同增效的综合体系。

### 9.3.2 堤型设计

9.3.2.1 生态海堤堤身断面设计应充分考虑防潮、生态、景观等方面的要求，结合地质、筑堤材料、结构型式、波浪、施工等条件，经稳定计算和技术经济比较后确定。迎海坡宜采用斜坡式多级平台类结构，在条件适宜时尽可能缓坡入海，促进近岸海洋生境的重建。堤身断面生态化建设可参照 DB44/T 182。

9.3.2.2 生态海堤堤身断面宜采用复合式断面，妥善处理堤身不同结合部位的衔接。

9.3.2.3 生态海堤堤身断面受条件所限采用陡墙式断面时，可采用表面美化、增设花槽、生态袋等绿化措施，提高生态和景观效果。

9.3.2.4 生态海堤堤身断面内可设置或埋设雨水的收集、储存、利用等设施设备。海堤堤身应设置排水设施，并符合 GB 51015-2014 中 8.4.9 的要求。

### 9.3.3 堤身筑堤材料选择

9.3.3.1 生态筑堤材料应根据地质条件、材料来源、施工条件、生态和景观需求等综合分析选定，且尽可能就地取材。

9.3.3.2 海堤迎海坡宜采用绿色环保、适宜当地海域生态系统的无害化建筑材料，如生态混凝土和块石等，以利于植物生长和藻类、贝类附着，促进恢复生物多样性。

### 9.3.4 海堤护面生态化设计

9.3.4.1 生态海堤护面型式可按波浪、越浪量、堤型及生态要求等因素来确定。

9.3.4.2 生态海堤护面结构设计宜考虑提供生物栖息地、维持或恢复自然海岸线等生态功能。

9.3.4.3 生态海堤护面应满足就地取材、方便施工和维护管理、经济美观和生态友好的要求。对沿堤保护地段的的不同要求、不同朝向，应选用不同的护面型式。

9.3.4.4 对于受海流、波浪影响较大的凸、凹岸堤段和混合式海堤坡面转折处，应加强护面结构强度，符合 GB 51015 要求。

9.3.4.5 海堤生态护面应有利于生物生长，适应当地生态及景观。

## 9.4 堤后带生态空间营造

9.4.1 堤后带的生态化建设应充分考虑国土空间规划、城市规划、海岸带规划、碧道规划等，结合当地实际情况确定建设内容。

9.4.2 堤后具备条件的，可开展湿地、水系、公园、碧道等生态空间的建设。

9.4.3 生态海堤配套建设的洗手间、凉亭、休闲驿站等公共服务设施宜布置在堤后带。

## 9.5 技术文件要求

### 9.5.1 一般原则

以提升海岸带生态减灾功能为目标，设计科学合理的工程措施，提出项目布局方案和建设内容，论证工程合理性和可行性，编制海堤生态化建设所需的系列技术文件，进行专题论证。

### 9.5.2 文件类型

主要包含项目实施方案、可行性研究报告、初步设计、施工图设计以及其他必要的技术文件。

### 9.5.3 编制要求

9.5.3.1 设计应遵循区域空间规划、海岸带保护与利用规划、流域综合规划、防潮（洪）专业规划等相关规划，符合生态红线保护和海岸线管控等要求。

9.5.3.2 分析项目与相关规划符合性、实施条件适宜性和技术可行性等方面内容，明确建设必要性和需求，形成项目实施方案，实施方案应充分考虑前期诊断出的安全与生态问题。

9.5.3.3 明确建设目标，因地制宜提出项目布局方案和建设内容，并开展地形地貌演变、生态修复技术论证、适宜性评价、数学模型分析等专题研究，编制专题研究报告，在此基础上分析论证项目合理性与可行性，形成工程可行性研究报告。

9.5.3.4 方案设计应根据工程实际情况采取不同的工程或生物措施，形成项目设计成果。海堤、辅助构筑物参照 GB/T 51015 设计，堤前带、堤身带参照 T/CAOE 1 设计，海滩修复参照 HY/T 255 设计，红树林修复参照广东省红树林生态修复技术指南（2022），设计潮（水）位确定、波浪计算等按照 GB/T 51015 执行。

9.5.3.5 设计工作中应重点开展水文分析计算、堤线布置及堤型选择、堤前带设计、堤身设计、海堤稳定计算等工作，据此明确跟踪监测的范围、内容、方法，以及监测期限和监测频次等。

9.5.3.6 依据用海和环境管理要求，开展必需的海域使用论证和环境影响评价。

#### 9.5.4 技术论证

技术文件编制成果应结合实际需要和管理要求进行技术论证，论证通过且获得相应行政主管部门批复后方可施工，否则应优化设计方案和技术文件编制成果。

### 10 工程施工与交工验收

#### 10.1 施工要求

10.1.1 海堤生态化建设工程施工严格按照工程设计及相关要求进行，加强施工进度和工程质量控制，确保规定工期内保质保量完成任务，保证工程目标实现。

10.1.2 依据安全生产法律法规、文件和技术标准组织施工，及时处理施工中出现的問題，确保工程安全。

10.1.3 科学合理的安排工期、工段、工种，避开底栖生物、鱼类产卵期、浮游动物快速生长期及鱼卵、仔鱼、幼鱼高密度季节。

10.1.4 按照信息管理要求，及时填报工程施工进展信息。

#### 10.2 施工组织

10.2.1 工程施工前必须做好各项准备工作，做好技术交底，编制施工组织设计和施工方案，并按设计图施工，明确质量标准及要求。

10.2.2 施工现场应根据不同施工条件因地制宜进行布置，且应满足相关水域、陆域环境保护要求。

10.2.3 植物种植或播种前宜复核土壤理化性质、海水盐度、潮位、季节等影响种植的因素，以保证植物的存活率，有条件的地区，宜进行小范围试播种。

10.2.4 海滩修复和滩地改造施工，应同步开展地貌和生态监测，避免产生剧烈生态环境改变。

#### 10.3 交工验收

项目完工后，依据建设目标、建设内容与考核指标等，开展项目交工验收，验收合格后可对工程进行移交。

### 11 跟踪监测与评估

#### 11.1 跟踪监测

工程交工验收合格后，应进行不少于3年的跟踪监测，监测内容根据建设目标和实际需求，从海堤稳定性、岸滩演变、生态环境、水质环境、动力环境等方面考虑。监测内容和要求可从表3中选取。

表3 海堤生态化建设跟踪监测内容与要求

监测类别	监测内容	重点监测要素	参照标准
海堤稳定性	结构变形监测	堤顶、堤坡、堤脚、混凝土、砌石等表面和内部变形	SL/T 794-2020
	渗流监测	地下水位、渗透压力、渗流量	
岸滩演变	岸滩和水下地形	堤前岸滩地形	T/CAOE 20.10-2020
	岸滩沉积物	沉积物粒度、组分	
生态环境	海堤植被	植被类型 植被密度、高度、面积	T/CAOE 20.8-2020
	堤前湿地生态系统	红树林、盐沼、珊瑚礁、海草床、砂质海滩、淤泥质海滩	T/CAOE 20.2~20.8-2020
	近岸生态	浮游植物、浮游动物、大型底栖生物、潮间带生物、游泳动物、滩涂湿地野生动物种类	HY/T 084
水质环境	水体	透明度	GB 17378.4
		盐度	GB/T 12763.2
		化学需氧量	GB/T 12763.4
		无机氮	GB/T 12763.4
		活性硝酸盐	GB/T 12763.4
动力环境	堤前波浪	波浪	GB/T 14914.2
	海流	海流	HY/T 255
	堤前悬浮泥沙	悬浮泥沙	
	堤前堤后海水连通性	海堤通道的流速、流量监测	GB 50179

注：本表从五大方面尽可能给出海堤生态化建设跟踪监测应考虑的内容，但并非所有内容均适用于具体工程，具体的海堤生态化建设工程宜根据的项目内容和实际需求选取相应监测内容。

## 11.2 效果评估

11.2.1 基于跟踪监测开展至少每年一次的建设效果评估，时限不少于3年。

11.2.2 评估内容应基于监测内容，结合海堤生态化建设内容和目标确定，如下所示：

- 生态海堤稳定性评估：基于海堤堤身结构形态、堤顶高程的周期性监测，结合海堤防浪消浪设施的完整性、形态的完整性、植被结构的稳定性、交叉建筑物处的稳定性等方面的勘察观测，通过与设计目标和竣工结果对比分析，评估结构稳定性；
- 生态环境评估：基于生态环境要素调查，侧重从海堤植被、堤前湿地生态系统、潮间带及水下生物生态等方面，分析植被成活率与覆盖度，海岸带典型生态系统生物多样性改善，近岸生物多样性等方面的内容，开展海堤生态化建设的生态环境效果评估；
- 岸滩稳定性评估：基于堤前岸滩地形地貌监测，分析岸滩面积和剖面变化、侵蚀热点等，通过实测数据对比和数值模拟分析，评估岸滩稳定性。若遇到极端气候事件，增加岸滩监测频率，分析其防灾减灾能力；
- 水质环境评估：基于水质跟踪监测，分析工程实施前后的水质变化，结合海堤生态系统的提升改造内容，评估海堤生态化建设对水质环境的影响；

- e) 水文动力环境评估：基于地形貌和动力环境的跟踪监测，结合数学模型分析海堤前的波浪、潮汐和海流等动力环境的变化，评估堤前堤后水域交换能力的变化；
- f) 防灾减灾能力评估：基于堤前植被、生物礁体等生态修复措施的沿海侧和向陆侧的波高进行修复前后监测，计算分析波高衰减率，评估海堤生态化改造前后防灾减灾能力的变化，波高衰减率定义参照 T/CAOE 21.2~21.7。

11.2.3 海堤生态化建设效果的评估针对生态化建设的实际情况开展，如下所示：

- a) 采用时间序列对比法，开展生态化建设后的跟踪监测结果进行评估，通过建设前的基准值、建设竣工初期的观测值和竣工后不同年度的监测值进行对比，评估各项指标的变化情况；
- b) 根据变化结果，采用与建设目标值对比法，评估海堤生态化建设效果；
- c) 综合判定海堤生态化建设是否达到预期目标，并针对工程存在的问题提出整改建议，依据附录 B.2 编制《海堤生态化建设效果监测评估报告》。

## 12 竣工验收

### 12.1 竣工验收

《海堤生态化建设效果监测评估报告》编制完成后，建设单位应组织竣工验收，验收合格后，将所有资料按要求归档。

### 12.2 后续管护

竣工验收合格后，根据海堤生态化建设目标，建设单位需做好后续常态化管护工作，内容主要包括海堤工程设施维护、生态养护和人为活动管理等。

## 附录 A

(资料性)

## 生态海堤推荐植物与材料

表A.1给出了生态海堤推荐植物与筑堤材料。

表A.1 生态海堤推荐植物与筑堤材料

项目	类别	植物类型或选材
堤前带植物种类	淤泥质海岸	红树植物、芦苇属、蔗草属、短叶茳芏等。红树植物适合低潮带的有桐花树、白骨壤、红海榄、老鼠簕；适合中潮带的有秋茄、桐花树、白骨壤、红海榄、木榄、榄李、角果木、老鼠簕、卤蕨、海漆、银叶树；适合高潮带的有秋茄、桐花树、木榄、榄李、角果木、卤蕨、海漆、银叶树、黄槿、苦郎树；适合潮上带的有卤蕨、海漆、银叶树、水黄皮、杨叶肖槿、玉蕊、海芒果、黄槿、苦郎树 具体适宜地区参考《广东省红树林生态修复技术指南》
	砂质海岸	厚藤、白茅、沟叶结缕草、铺地黍、单叶蔓荆、龙爪茅、狗牙根等 人工修复海草床时，可选择海菖蒲、泰来草、喜盐草、二药藻、针叶藻等修复海草床。 来源：《海堤生态化建设技术指南（试行）》
护面植物	迎海坡护面	木麻黄属、结缕草属等
	背海坡护面	扁穗牛鞭草、园草芦、雀稗、两耳草等草本植物；银叶树、草海桐、露兜、榄仁、黄槿、莲叶桐、玉蕊等半红树或红树林伴生植物；厚藤、白茅、沟叶结缕草、铺地黍、单叶蔓荆、龙爪茅、狗牙根等沙生植物，来源：《海堤生态化建设技术指南（试行）》
生态材料	人工生态材料	人工鱼礁、鱼巢砖、预制块体、废旧沉船。 ——人工鱼礁按材料分为混凝土礁、石材礁、钢材礁、贝壳礁、木质礁、玻璃钢礁及其他材质礁。按结构型式分为矩形礁、梯形礁、球形礁、柱形礁、锥形礁、星型及其他型式礁 来源：《人工鱼礁建设技术规范》（SC/T 9416-2014）。 ——人工预制块体分为栅栏板、生态框、扭王字块、扭工字块、四角锥体、四角空心方块、螺母块、四角锥体等，人工预制块体采用时应考虑生态功能改善作用
	天然生态材料	牡蛎壳、树枝藤条、草绳、木桩、散抛块石

## 附录 B

(资料性)

## 海堤生态化建设内容及效果监测评估报告编制大纲

## B.1 海堤生态化建设内容

海堤生态化建设主要考虑堤前带、堤身带，堤后根据生态空间及实际建设条件酌情考虑，针对不同的海滩类型，其建设内容见表B.1。

表B.1 海堤生态化建设内容

建设区域	建设内容	适用范围	具体建议
堤前带	滩面修复	淤泥质岸线	结合红树林植物、芦苇属、蔗草属、短叶茳苳等生物措施和丁坝、顺坝、牡蛎礁等工程措施进行保滩促淤修复
		砂质岸线	稳定的维持沙滩自然状态，侵蚀的采取人工补沙、沙滩养护等措施进行修复
	红树植物修复	淤泥质海滩	利用现有红树林进行植物群落多样性修复，采用不同种类红树林混合种植、红树与半红树植物组合，营造复合生态系统
	动物栖息地修复	淤泥质海滩	人工鱼礁、牡蛎礁、鱼巢砖、生态块体等大空隙率、透水好的结构材料，构建缝隙、孔穴和鱼鳞坑水洼，在水鸟觅食区设置临时栖息场所
		砂质海滩	选植海菖蒲、日本鳗草、泰来草、圆叶丝粉草等进行海草床修复，抛投适宜于人工鱼礁等修复生物群落栖息场所
		基岩质岸线	模仿岩礁生态系统设置不规则石块、人工鱼礁、牡蛎礁等
堤身带	堤型设计	所有情况	斜坡式、陡墙式、复合式，首选斜坡式
	建设材料	所有情况	根据堤基地质条件、材料来源、施工条件、生态和景观需求等
	植被覆盖	所有情况	迎海坡植被覆盖率占比 50% 以上，背海坡80%
堤后带	生态空间营造	所有情况	对具备生态空间建设条件的堤后带，应开展生态建设

## B.2 海堤生态化建设效果监测评估报告编制大纲

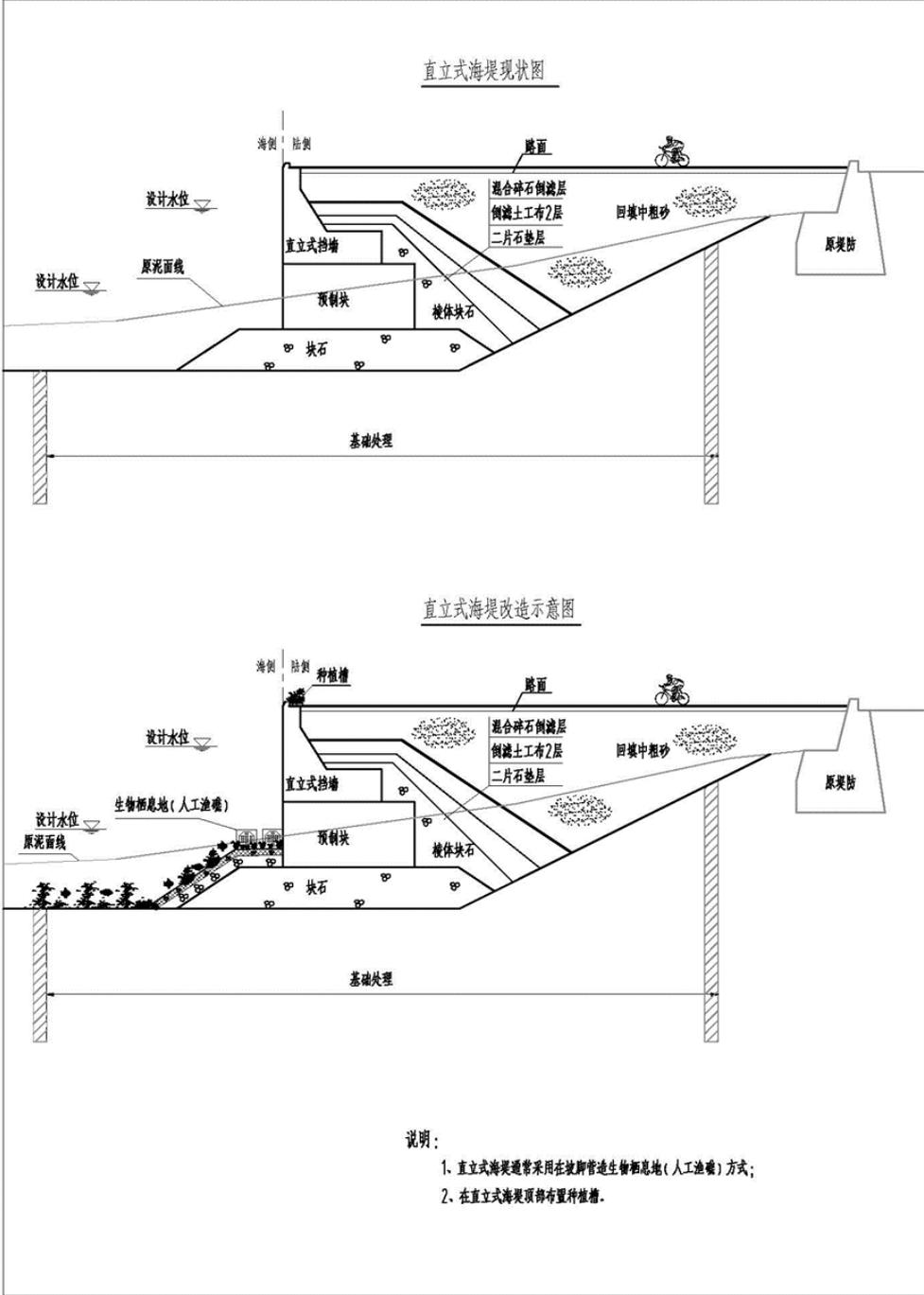
海堤生态化建设工程完成后，需在一定时期内对其建设效果进行监测和评估，编制监测评估报告，其内容大纲参照图B.1。

<p><b>1 项目概述</b></p> <p>1.1 编制背景 介绍项目由来及报告编制的相关背景情况，包括编制过程与编制目的等。</p> <p>1.2 编制依据 列出相关法律法规、技术规范和标准等。</p> <p>1.3 工作范围 明确海堤生态化建设效果监测评估报告的工作范围。</p> <p>1.4 自然资源概况 介绍评估范围内，海堤生态化建设项目所在区域的气象条件、水文潮汐、地形地貌和海域环境现状。</p> <p><b>2 海堤生态化建设项目概况</b></p> <p>2.1 海堤生态化建设背景 回顾海岸线或现有海堤存在的主要生态问题，明确海堤生态化建设的主要任务，海岸线整治修复措施。</p> <p>2.2 海堤生态化设计方案 包括项目地理位置与区位、工程总平面布置、具体设计方案，重点体现其生态化。</p> <p>2.3 项目实施过程 海堤生态化建设项目的审批状态、用海主体，施工情况及已采取的生态保护与修复措施等。</p> <p><b>3 监测与评估技术路线</b> 明确海堤生态化建设效果监测评估采取的技术路线。</p> <p><b>4 生态修复监测内容与方法</b></p> <p>4.1 区域生态功能定位 结合项目所在海域自然条件、生态环境和项目实际情况，依据海洋主体功能区规划、海洋功能区划、海岸带保护与利用规划、海洋生态保护红线等，分析该区域的生态功能定位，说明海堤生态化建设在生态修复方面的重点和目标。</p> <p>4.2 监测与评估内容 采用时间序列对比法，针对前期识别的海岸线或现有海堤存在的主要生态问题，在生态化建设完成之后进行对比调查，方法可采用分析施工监理报告和过程照片，现场勘查、无人机飞行测量。</p> <p><b>5 生态修复效果评估</b></p> <p>5.1 选定评估指标 按科学性、协调性、代表性、独立性和可操作性等原则，借鉴国内外海堤生态化建设或海岸线生态修复研究成果及工程实践初步选定评估指标，结合项目安全与生态问题诊断结果，并征求专家意见进行筛选和优化，最终形成项目的效果评估指标。</p> <p>5.2 效果评估 按上述确定的评估指标，结合海堤生态化建设项目的实际情况进行评估，明确海堤生态化建设的修复效果。</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

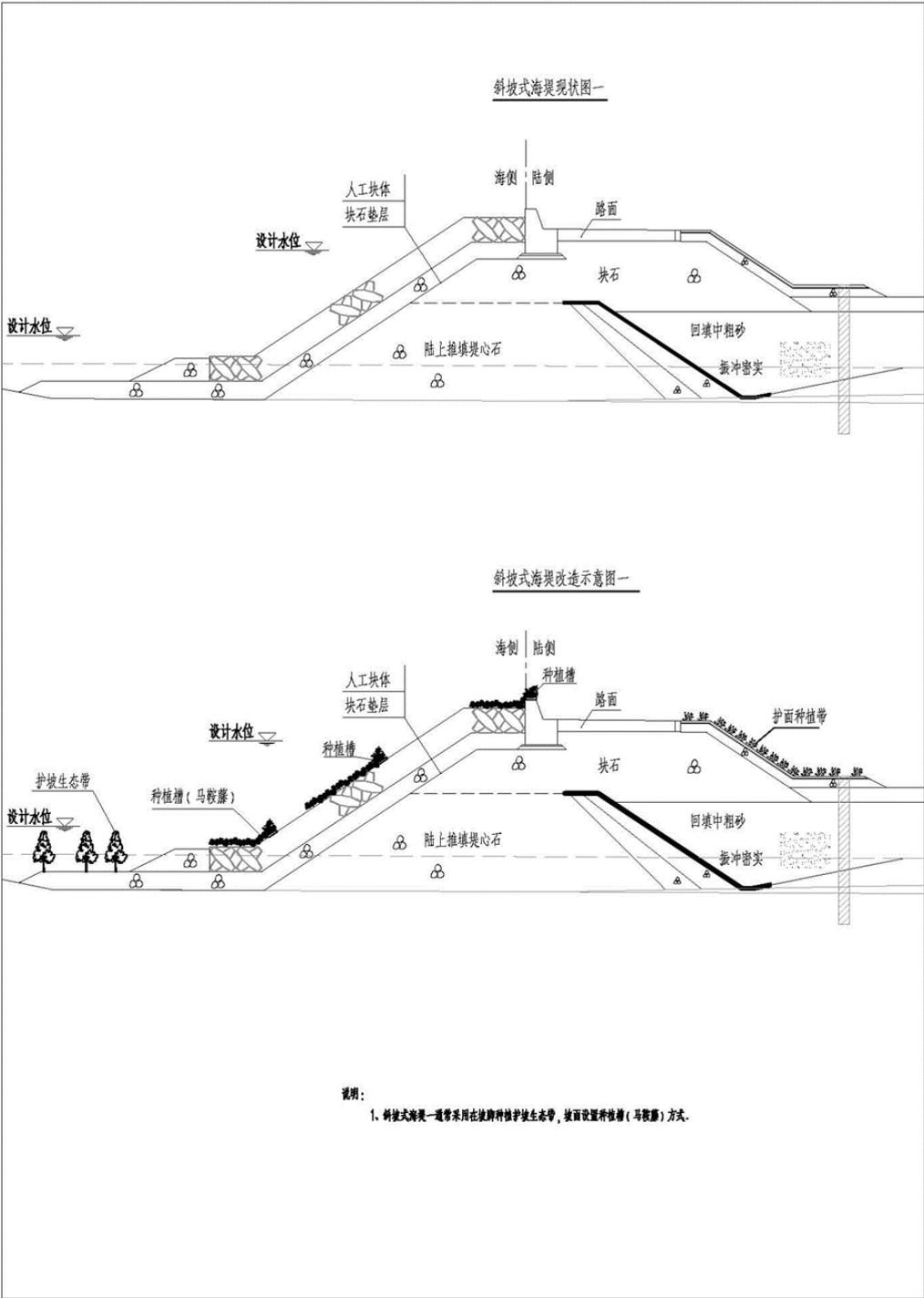
图B.1 海堤生态化建设效果监测评估报告编制大纲

附录 C  
(资料性)  
典型海堤改造断面图

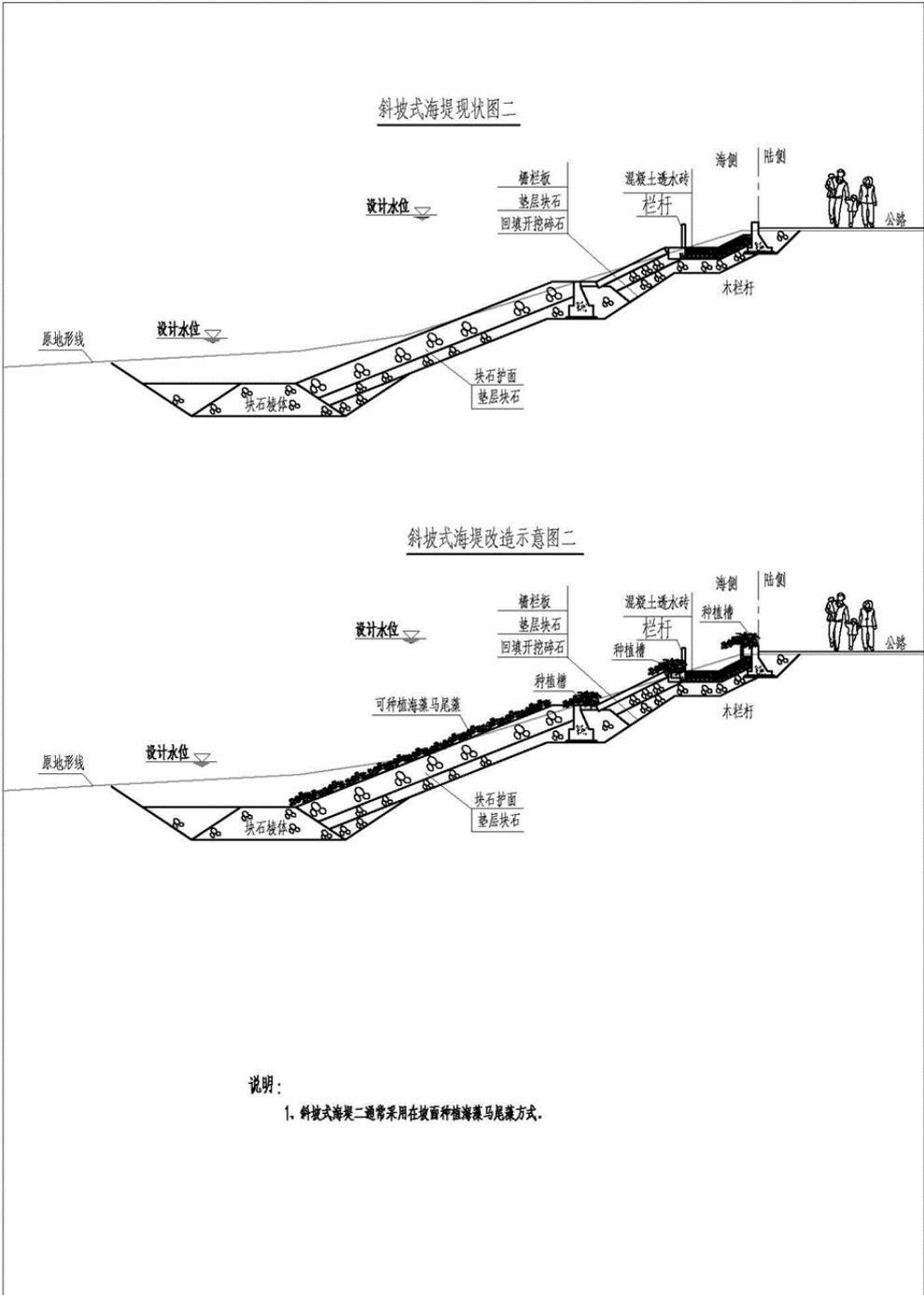
典型海堤改造断面图见图C.1~C.3。



图C.1 直立式海堤改造断面图



图C.2 斜坡式海堤改造断面图一



图C.3 斜坡式海堤改造断面图二

## 参 考 文 献

- [1] GB/T 15918-2010 海洋学综合术语
  - [2] GB/T 18190-2017 海洋学术语 海洋地质学
  - [3] GB/T 19485-2014 海洋工程环境影响评价技术导则
  - [4] GB/T 34546.1-2017 海洋生态损害评估技术导则
  - [5] GB 50286-2013 堤防工程设计规范
  - [6] HJ 2005 人工湿地污水处理工程技术规范
  - [7] LY/T 1938-2011 红树林建设技术规程
  - [8] LY/T2972-2018 困难立地红树林造林技术规程
  - [9] HY/T 080-2005 滨海湿地生态监测技术规程
  - [10] HY/T 081-2005 红树林生态监测技术规程
  - [11] HY/T 082-2005 珊瑚礁生态监测技术规程
  - [12] HY/T 083-2005 海草床生态监测技术规程
  - [13] DB44/T 2283-2021 水利工程生态设计导则
  - [14] DB33/T 2368-2021 海岸线整治修复评估技术规程
  - [15] HY/T 087-2005 近岸海洋生态健康评价指南
  - [16] 建设项目用海面积控制指标（试行） 海办发〔2017〕22号
  - [17] 围填海工程生态建设技术指南（试行） 国海规范〔2017〕13号
  - [18] 围填海工程生态保护修复方案编制技术指南（试行） 自然资办发〔2018〕36号
  - [19] 海洋生态修复技术指南（试行） 自然资办函〔2021〕1214号
-