

《海洋生态修复技术指南 第6部分：海滩修复》
编制说明

标准编制工作组

二〇二二年五月

标准名称：海洋生态修复技术指南 第6部分：海滩修复

编制单位：自然资源部第三海洋研究所

河海大学

自然资源部海岛研究中心

目录

一、工作简况.....	2
(一) 任务来源	2
(二) 协作单位	4
(三) 主要工作过程	4
(四) 国家标准主要起草人及其所做的工作	7
二、国家标准编制原则和确定国家标准主要内容	8
(一) 标准编制原则	8
(二) 确定国家标准主要内容的论据	9
三、主要验证分析与预期经济效果	18
(一) 国家标准技术验证	18
(二) 预期的经济效果与社会效益	19
四、采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况，或与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况	20
五、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系	20
六、重大分歧意见的处理经过和依据	20
七、国家标准作为强制性国家标准或推荐性国家标准的建议	20
八、贯彻国家标准的要求和措施建议	21
九、废止现行有关标准的建议	21
十、其他应予说明的事项	21

一、工作简况

(一) 任务来源

1. 背景与意义

海滩是一种重要的滨海资源，具有生态、减灾和社会三重功能，也是一种常见而脆弱的生态系统。我国海滩分布广泛，总长近 5000 km 的砂质海岸普遍发育，但分布极为不均，整体呈现“南多北少中间空”的分布趋势，北部主要分布于辽宁、河北和山东沿海，南部主要分布于福建、广东、广西、海南沿海，而经济相对较好的江苏至浙江地区则很少发育。而随着气候变化和人类活动日益加剧，海滩资源面临前所未有的压力和挑战。对海滩生态保护甚少考虑，海滩资源稀缺性认识不足，海岸侵蚀防护不力。

欧美发达国家海滩修复与养护技术发展较早，美国、荷兰、日本、西班牙和意大利等国已经将其成功应用于维护海滩稳定和在海滩匮乏地区建造人工海滩。美国建造人工海滩始于纽约市 1922 年的柯尼岛公共岸滩计划，以 1970 年佛罗里达州南端迈阿密旅游胜地的人工海滩规模最大亦最成功。20 世纪 80 年代末，美国开始对其东海岸的海滩养护工程进行调查，随后扩展至墨西哥湾沿岸、太平洋沿岸及大西洋沿岸，并开始进行对比研究。随着新的相关工程的不断进行，调查和研究工作不断延续，形成了包括工程位置、养护海滩的长度和费用、实施时间、投放砂石的体积、资金来源等在内的体系。欧洲各国也于上个世纪 50 年代兴起海滩养护修复工程，80 年代开始发展迅速。在养滩技术方面，美国相继制定了《海滨防护手册》、《海滩养护和保护》；在欧洲，荷兰 1987 年专门定制了《人工海滩养护手册》，1997 年提出一本更详细的《海滩养护和海滨平行建筑物》，英国于 1996 年也提出《海滩管理手册》。日本于 1979 年出版了《人工海滩手册》。

我国最早的海滩养护始于 1992 年香港南岸的浅水湾，之后有过

零星的、不成规模的工程，内陆第一个真正意义上的人工沙滩修复是 2007 年的厦门观音山。此后，随着我国社会经济的不断发展以及对滨海旅游沙滩日益增长的需求，海滩养护在我国逐渐受到重视，许多滨海旅游城市相继实施了海滩养护工程，如大连、秦皇岛、青岛、平潭、泉州、厦门、珠海、北海、钦州、海口等。基于我国海岸和海滩环境特征，结合我国海滩养护工程实践经验，我国已形成了一系列海滩修复技术成果，如《中国海滩养护技术手册》、海洋行业标准《海滩养护与修复技术指南》等。

我国 49.5% 的海滩遭受侵蚀破坏，作为一种不可再生资源，受各种人为活动影响，海滩进一步退化甚至破坏，海滩生态和地貌系统的完整性受损。如何保护海滩资源，修复受损海滩生态系统，是我国国土空间生态修复所面临的重要问题。党的十八大以来，党中央持续加强生态文明建设，强化环境保护，生态文明建设已经成为我国的一项基本国策。海滩作为海洋生态系统的重要组成部分，对其保护和修复亟待加强。因此，基于现行海洋行业技术标准，结合生态保护理念，制定该国家标准，进一步完善了我国海滩生态修复的技术体系，也进一步提升了我国海滩保护和修复的能力，以便更好地支撑我国国土空间生态修复的工作。本标准的制定可以作为我国海滩资源保护和修复的技术支撑，提升海滩系统的生态功能，实现我国海滩生态修复技术方法的科学化和规范化，推动我国生态文明建设。

2 任务来源

本文件本部分由中华人民共和国自然资源部提出，由全国海洋标准化技术委员会（TC283）归口上报，全国海洋标准化技术委员会海洋生物资源开发与保护分技术委员会（TC283/SC3）执行。

任务来源：2020 年 9 月 11 日，自然资源部办公厅印发的自然资源办发[2020]43 号文件《自然资源部办公厅关于印发 2020 年度自然资源标准制修订工作计划的通知》。本技术方法于 2020 年申请，2021

年 8 月立项。本标准具有良好的研究基础和实践验证，拟在原有行业技术标准基础上制定该国家标准，作为《海洋生态修复技术指南》系列标准的一部分。

计划项目编号为：20213634-T-418。

（二）协作单位

标准负责起草单位：自然资源部第三海洋研究所

标准参加起草单位：河海大学、自然资源部海岛研究中心。

（三）主要工作过程

1. 预研阶段

本标准的编制主要基于两大方面：一是根据 2005 年以来我国所开展的大约 120 余项海滩生态养护工程以及大量正在开展的海滩生态修复设计，形成并出版了《中国海滩养护技术手册》，由此而构建了我国海滩生态养护的技术体系。二是通过对我国已形成了一系列海滩修复技术相关标准成果的总结完善，相关的标准和文件主要包括 4 项海洋行业标准《海滩养护与修复技术指南》、《海滩质量评价与分级》、《海滩滨后沙地植被修复技术方法》和《海滩养护与修复工程验收技术方法》，以及《海洋生态修复技术指南（试行）》（2021 年 7 月自然资源部办公厅发布）、团体标准 T/CAOE 20《海岸带生态系统现状调查与评估技术导则 第 8 部分：砂质海岸》。根据这两方面的成果与总结，初步形成了本标准的草稿。

期间所开展的主要工作包括：

（1）研究过程

1) 资料收集与归纳总结

全面收集国内外海滩生态修复案例资料，以及相关研究成果、各

类相关标准，获取当前最新的海滩生态修复技术信息。重点对我国已经完成的海滩生态修复工程开展调查与监测评估，梳理相关技术要点，并对在建的海滩生态修复工程开展新技术应用调研，获取海滩生态修复前后地形地貌、沉积物、海岸动力等数据，同时开展对比分析，收集和调查自然海滩相关的基本信息。

2) 海滩生态修复技术体系研究与总结

在资料收集、归纳与总结的基础上，系统分析我国海洋生态修复现行的相关行业、地方和团体标准、指导文件等，结合国内外现有海滩养护技术分析和我国海滩演化特点，确立我国海滩生态修复技术难点与核心技术体系，进一步编制、完善适用于我国海岸特征的海滩生态修复技术指南，建立应用更为广泛的通用海滩生态养护流程。

3) 海滩生态修复技术体系验证与完善

根据我国已经开展的大约 120 余项海滩养护工程方案设计与方案实施总结，结合大量正在开展的海滩生态修复设计，对上述编制的海滩生态修复技术指南进行技术参数设计验证、修改与完善。对本次编制的相关技术参数、流程逐一进行验证，包括生态修复海滩选址、背景调查、方案设计、方案实施以及修复后监测与管理等各项程序。

(2) 相关文献、资料及管理规范查阅

通过全国标准信息公共服务平台、Web of science 数据库、Science Direct 数据库与 Springer Link 数据库、Google Scholar、中国知网、万方中文期刊数据库以及学位论文数据库，查阅海滩生态修复、海洋生态修复相关的技术参数、方案设计、施工建设、后监测评估等自然科学，以及管理、法律法规及经济等社会科学方面的国内外研究文献，掌握国内外海滩生态修复技术的研究动态和成果，用于完善该标准的内容、核心技术参数等。

近年来，标准编制工作组承担了大量海滩动力地貌和海滩生态修复相关的调查和研究项目，包括国家海洋公益性行业科研专项“我国

砂质海岸生境养护与修复技术研究”、“海岛旅游海滩管理技术研究与应用示范”、国家自然科学基金重点项目“潮汐影响下的海滩动力地貌风暴响应机制研究”等，以及 60 余项海滩修复养护设计工程项目，编制了 4 项海滩生态修复技术相关的行业标准、1 项团体标准和 1 项技术指南；同时在我国沿海开展了大量的海滩动力地貌调查与基础理论研究，在海滩生态修复设计、海滩管理管护等方面拥有较为丰富的经验。这些项目成果、工程实践经验均为本标准的编制与完善奠定了坚实的数据与资料基础。

2. 起草阶段

2020 年，由自然资源部第三海洋研究所、河海大学和自然资源部海岛研究中心共同提出《海洋生态修复技术指南 第 6 部分：海滩修复》国家行业的编撰申请，2021 年 8 月立项成功，2021 年 9~10 月组成团队，并开展《海洋生态修复技术指南 第 6 部分：海滩修复》文本编写工作。经过内部数次讨论，最终于 2022 年 2 月形成该标准技术方法的初稿与编制说明，并于 2022 年 3 月通讯联系国内相关施工单位，完成了该标准的验证工作。

2022 年 5 月上旬邀请相关领域共 5 位专家对标准草稿修改稿进行了函审审查，并根据专家函审意见对该国家标准文本进行了修改完善。专家主要针对一些术语定义、语言表述、技术参数设置等提出一些问题，国家标准编写组对上述意见对标准文本进行了逐条修改，形成标准征求意见稿。

3. 征求意见阶段

编写组拟于 2022 年 6 月，征求国内海洋生态保护修复的相关研究单位、部司以及各省市监管单位意见，并根据征求意见对标准稿完成了进一步修改完善。

(四) 国家标准主要起草人及其所做的工作

标准主要起草人及工作分配表

序号	姓名	主要工作
1	蔡 锋	标准策划、技术负责，统筹技术方法编制各项工作
2	戚洪帅	确定技术方法框架，初稿编写、统稿与修改完善
3	丰爱平	标准研究、技术指导、修复方案设计编写
4	张 弛	标准研究、技术指导、修复方案设计编写
5	赵绍华	方案设计与标准文本编写、专家意见汇总与修改完善
6	于 帆	方案设计、实施等内容标准文本编写与修改完善
7	雷 刚	参与标准文本编写与完善
8	张琳婷	参与标准文本编写与完善
9	刘建辉	参与标准文本编写与完善
10	曹慧美	参与标准文本编写与完善
11	曹 超	参与资料收集、标准文本、标准附录内容编写
12	刘 根	参与资料收集、标准文本、标准附录内容编写
13	郑吉祥	参与资料收集、标准文本、标准附录内容编写

二、国家标准编制原则和确定国家标准主要内容

（一）标准编制原则

1. 依法依规原则

本编制的制定不与现行法律、法规相冲突，对相关的法律、法规、条例、规划、管理办法、指导性意见等进行深入研究，并严格遵守相关的规定。

2. 科学适用性原则

本标准的科学性包括相关技术的科学性和制定的科学性，本标准的制定基于我国现行的多项行业标准，结合国内外相关研究成果和编制工作团队多年在海滩生态修复工作中的经验总结，以及国家在海岸线整治、生态修复设计、修复施工环境质量控制等相关的标准和规范，总结归纳制定了该标准文件。同时，该标准的制定严格遵循标准制定的相关程序，也通过了实际工程案例的验证，确保了编制过程的科学性。

3. 广泛实用性原则

本标准从全面性、简便性和可获得性出发，在制定各个步骤时，既考虑我国从北到南的 120 余项海滩生态修复工程的实践经验，又吸纳了我国海滩动力地貌、海洋生态保护等相关的最新研究成果，也结合我国蓝色海湾整治、海岸带保护工程等相关工作开展的实际需求，对我国海滩修复现行的相关行业标准、团体标准等进行有效整合、提升，作为我国海洋生态修复技术系列国家标准的重要一环，使其更具有普适性和实用性。

4. 遵循生态学规律原则

本标准的制定遵循生态学的有关规律和原则，在充分理解和掌握海滩生态系统（潮间带、潮下带、后滨沙丘等）的组成、结构、演替规律、生物与生态因子间的相互关系等的基础上，借助人工辅助措施，

使海滩生态系统本身固有的再生能力得以最大限度地发挥，恢复和改善受损海滩的景观，使其回到比原先自然状态更佳、美学价值更高的状态，满足人们对海岸带砂质海岸自然生态景观需求和审美期望。

5. 坚持可持续发展原则

本标准制定的主要目标是引导海洋生态修复技术标准的制定，以维持海滩重要生态过程和景观系统的良好运作，实现海滩稳定的可持续发展。因此，在海滩生态修复过程中要从长远发展的角度来进行科学的规划设计，坚持可持续发展原则。从地貌景观修复上，尽可能选用生态、低碳、节能、环保、可再生和可循环利用的材料；在生态修复选择上，择优选择价格实惠、适应性强、成活率高、观赏效果好、运输方便等更容易发挥生态功能的生物物种。

（二）确定国家标准主要内容的论据

1. 标准文本

根据《标准化工作导则》（GB/T 1.1-2020）要求，基于海滩修复相关的现行海洋行业标准（包括 HY/T 255-2018《海滩养护与修复技术指南》、HY/T 254-2018《海滩质量评价与分级》、HY/T 0304-2021《海滩滨后沙地植被修复技术方法》和 HY/T 0330-2022《海滩养护与修复工程验收技术方法》），结合海滩生态修复工程实践经验和 GB/T 41339《海洋生态修复技术指南 第 1 部分：总则》，制定了本标准文本的主要内容，包括范围、规范性引用文件、术语和定义、基本原则、工作流程、分析诊断、方案设计和方案实施、资料性附录和参考文献等章节。

2. 海滩生态修复相关术语界定

本标准中定义的术语选择遵循以下原则：本标准必需的，但现行标准中尚未规定的术语；在不同语境中具有不同解释，可能产生歧义

的术语；不被人们熟知的术语。基于此原则，本标准主要参考《中国大百科全书》（第三版）、《海洋学术语 海洋地质学》（GB/T 18190-2017）、《海滩养护与修复技术指南》（HY/T 255-2018）等海滩修复相关指导性文件，对海滩、后滨、滩肩、干滩、闭合深度、漫滩高度、砂泥分界线和侵蚀热点等重要术语进行了定义。

3. 标准的整体框架与流程

综合《中国海滩养护技术指南》（蔡锋主编，2015）和《海滩养护与修复技术指南》（HY/T 255-2018），结合近年来的大量海滩修复实践经验（蔡锋和刘根，2019；戚洪帅等，2021），海滩修复工程在实施前应充分收集整理资料数据，开展现场踏勘和背景调查，全面掌握修复项目现场情况，在此基础上开展修复适应性评估，为工程实施方案设计与编制提供依据。工程实施过程中应加强质量控制，竣工验收后应科学管护。海滩修复工作流程如图 1 所示。

整体上，海滩修复标准主要包括分析诊断、方案设计和方案实施三大核心内容。其中分析诊断包括资料收集与实地踏勘、海滩修复选址、背景调查、问题诊断和修复适应性评估 5 个方面，方案设计包括海滩养护设计（平面形态设计、海滩剖面设计、人工构筑物设计、沉积物设计和后滨沙地植被修复工程设计）、模拟预测和管护措施制定 3 个方面，方案实施包括生态修复工程实施和生态修复管护实施 2 个方面。

4. 海滩生态修复工作内容与关键技术

（1）分析诊断

分析诊断是海滩生态修复的前提条件，需要根据资料收集与实地踏勘结果、海滩修复选址、背景补充调查，对海滩潜在的生态修复区域开展问题诊断与分析，然后进行海滩修复适应性评估。

① 资料收集与实地踏勘

资料收集与实地踏勘范围宜包括拟实施海洋生态修复项目所在的相对完整的自然地理单元及其行政区，其时限要求宜包括历史资料和现状资料，历史资料宜追溯至生态退化前的时期。海滩修复收集资料宜包括工程概况、海滩特征、生物群落、环境要素和威胁因素五个方面，具体内容见表 1。实地踏勘宜包括以下内容：①海滩特征，包括海岸形态、走向、地形地貌、沉积物结构和海岸动力环境等；②生态环境，包括潮间带底栖生物、后滨植被、近海海水水质、潮间带沉积物质量等；③人为干扰，包括污染物排放、海洋工程、砂矿开采、水产养殖和渔业捕捞等；④灾害风险，包括风暴潮、强降水等极端动力事件过程。

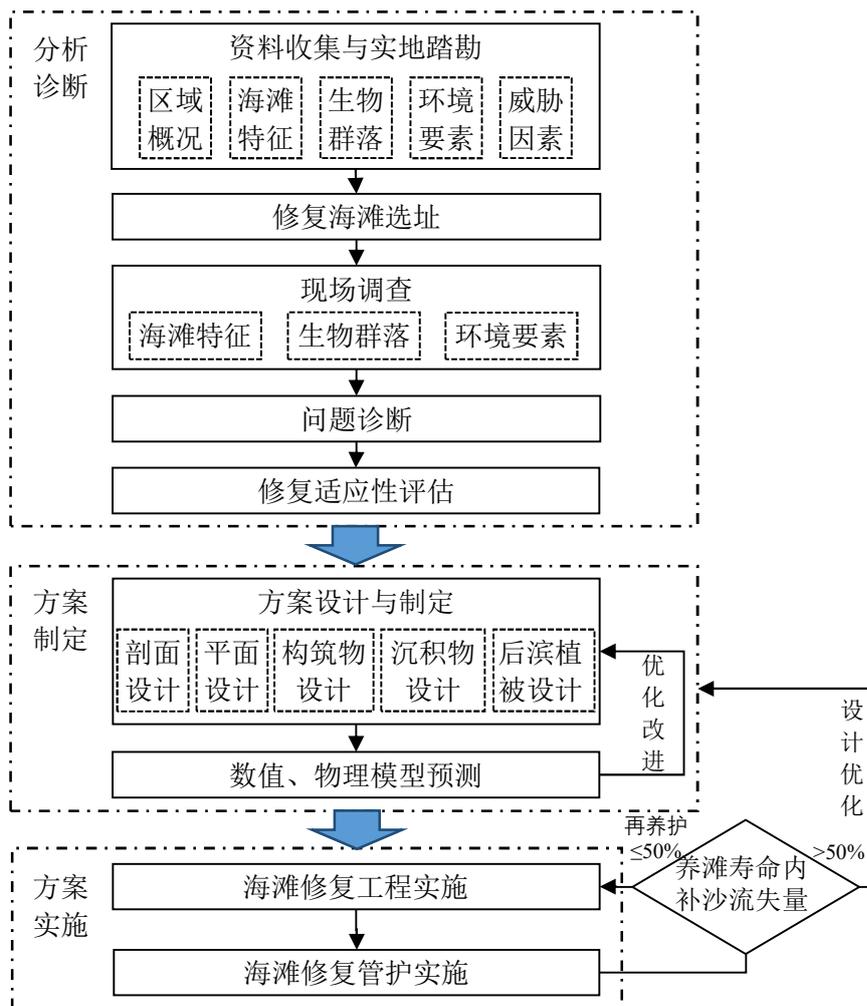


图 1 海滩修复工程建设流程图

表 1 海滩修复工程调查内容

调查内容		对象	获取方式	应用范围	
				适宜性评估	工程设计
工程概况		工程区所在区域的自然条件、生态特征和环境现状	资料收集	★	★
		工程区具体位置和地理坐标	资料收集、遥感与测量	★	★
		法律法规	资料收集		★
		规划衔接	资料收集		★
海滩特征	地形地貌	岸滩剖面	现场调查	★	★
		近岸水下地形	现场调查	★	★
		岸线变化	现场调查	★	★
		后滨高度	现场调查		
		侵蚀热点	现场调查	★	
	沉积物	海滩沉积物	现场调查	★	★
		近岸海底沉积物	现场调查	★	
		海滩沉积物厚度	现场调查	★	
		砂泥分界线	现场调查	★	
	海岸动力环境	波浪	资料收集或现场调查	★	★
		海流	资料收集或现场调查	★	★
		悬沙	资料收集或现场调查	★	★
		潮位	资料收集或现场调查	★	★
		风	资料收集	★	★
		区域海平面	资料收集	★	★
		风暴潮最大漫滩高度	现场调查		
生物群落		潮间带底栖生物	资料收集或现场调查	★	★
		后滨植被	资料收集或现场调查	★	★
环境要素	水环境	近岸海水水质	资料收集或现场调查	★	★
	底质环境	潮间带沉积物质量	资料收集或现场调查	★	★
威胁因素	海洋灾害 (自然威胁因素)	风暴浪	资料收集或现场调查		★
		台风	资料收集		★
		灾害性海浪	资料收集		★
	海岸开发利用 (人为活动影响)	海岸构筑物	资料收集或现场调查	★	★
		围垦填海	资料收集或现场调查	★	★
		采捕养殖	资料收集或现场调查	★	★
		人工采砂	资料收集或现场调查	★	★
旅游休闲活动	资料收集或现场调查		★		

② 海滩修复选址

海滩修复项目选址需要综合考虑气候、地质、地貌、水文、生物等自然条件对海滩生态修复的环境要求，分析海滩生态退化的主要干

扰因素。同时，选择的修复区域需要符合国土空间、生态保护修复等相关规划，能够获得地方政府、社区居民、社会公众等利益相关者支持。此外，海滩生态修复也应选择海水水质优良、水体交换能力强的岸段，最好能够避开污染排放源、滨海砂矿开采、海洋工程、海洋生态保护区等特殊区域。

③背景调查

海滩生态修复工程建设所需调查内容见表 1，主要要求包括海滩特征、生物群落和环境要素三个方面。海滩特征调查应包括地形地貌、沉积物和海岸动力环境三个方面；环境要素调查包括近岸海水水质和潮间带沉积物质量调查。

③ 问题诊断

海滩修复问题诊断的内容主要包括海滩侵蚀诊断、海滩质量诊断和生态退化诊断等。海滩侵蚀诊断通过调查与分析确定海滩的平衡状态与平衡条件，判断海滩侵蚀关键原因，量化侵蚀程度，阐述海滩受损对海域资源环境、公众生产生活造成的影响。海滩质量诊断包括自然质量和开发质量评价，根据数据资料收集和背景调查，采用合适的评价指标和方法，开展海滩综合质量评价，对修复海滩进行等级鉴定。生态退化诊断则主要包括潮间带生物群落和后滨植被群落的退化因子、退化程度及退化原因等。

④ 修复适应性评估

选定好海滩修复地址并完成问题诊断分析后，应进一步对海滩修复区开展生态修复适宜性评价，应满足海滩发育的需求。海滩修复适宜性评估包括海滩受损机理分析、动力环境适宜性分析、海岸地形地貌适宜性分析和生态与环境适宜性分析 4 个方面。首先，海滩受损机理主要分析海滩受损情况、海滩输沙状态、周边人为活动、构筑物对海滩的影响、侵蚀热点区域成因，并采用历史变化比对和相邻或相似岸段比对的方法分析海岸受损原因。其次，动力环境适宜性分析则采

用现场调查和数值模拟分析修复区近海波浪动力条件，评估水深地形、岸线形态、构筑物对波浪动力的影响以及沿岸方向波能分布特征，分析侵蚀热点的潜在区域、修复海滩泥化的可能性。再次，海岸地形地貌适宜性主要分析工程区地形地貌是否具备或通过人工构筑物形成适宜海滩形成的地形地貌环境，现有海滩地貌的波浪消耗能力和对风暴潮的缓冲能力。最后，开展生态与环境适宜性分析，检测近岸水质条件、沉积物是否满足修复需求，并评估修复区的生态敏感目标及岸滩填砂施工和后续岸滩演化的生态影响。

整体上，海滩修复区域指标满足表 2 列出的适宜范围。任何一项不满足，则判定为不适宜修复区。应按规定评估分析可行性，并以此提出针对性修复措施和方案。

表 2 海滩修复可行性判定指标

评价指标类别	指标名称	适宜性条件
地形地貌	岸线形态	各种开阔岸线类型，以岬湾为主
	水下岸坡坡度	小于 1/20
	海堤前沿水深	小于 3m
动力条件	波浪	年均有效波高大于 0.5m
沉积物	潮间带沉积物	砂质、砂砾质或砂泥混合
生物生态	潮间带底栖生物	无保护类底栖动植物
人为活动	采捕养殖	无潮间带和后滨高地养殖
	近岸采砂区	闭合深度内无采砂活动
	围填海	导堤外侧海域
	规划符合性	符合相关规划中对于海岸修复的要求

(2) 方案设计

方案设计是海滩生态修复的核心内容，方案设计包含内容较多，且形式多样，既有十分简单的滩面抛沙，又有充分考虑多方面影响因素的综合设计。海滩生态修复方案设计需要在上述海滩修复选址、问题诊断与修复适应性评估等基础上，结合海岸环境特征和修复实践经验，综合开展海滩修复设计，应用数值模拟预测分析海滩生态修复工程的演化及其在纵向、横向上的海滩演变情况，并制定相应的管护措

施。

①海滩修复设计

海滩修复设计主要包括平面形态设计、海滩剖面设计、人工构筑物设计、沉积物设计和后滨沙地植被修复工程设计 5 个方面。

平面形态设计：依据海滩形态及其背景输沙条件，海滩修复工程平面形态设计包括岬湾海滩养护、平直海滩养护、人工砂源海滩养护三种类型。(a) 平衡岬湾海滩平面形态设计推荐使用 Hsu & Evans (1989) 的抛物线模型。(b) 平直海岸平面形态设计应在充分考虑背景输沙率和上下游输沙联系的情况下，基于长周期（不少于 5 年再养护周期）岸线演化模型预测；需结合辅助工程开展海滩修复情况下，可通过岸线演化模型预测，合理设计补砂区域及岸线形态。(c) 对于有明显输沙背景的海岸，可通过提供人工砂源的方式在上游进行补砂，使其在沿岸流的作用下向下游运移，利用自然过程缓解下游海岸侵蚀。

海滩剖面设计：海滩剖面设计主要从剖面形态、滩肩高程、补沙方式和分层设计 4 个主要方面。首先，剖面形态设计方法主要包括：(a) 以工程区或与工程区近岸动力环境、地貌类型相似的毗邻海岸典型剖面形态、沉积特征为参照开展剖面设计时，采用剖面类比法。(b) 其它情况可采用 Dean (1977) 的平衡剖面计算公式或当地适用的平衡剖面模式。其次，滩肩高程设计需要综合考虑当地的历史高水位高程、波浪爬高、陆上景观高程、现有海滩高程和相邻海滩高程以及养滩成本等多方面的因素来确定，允许在极端天气时存在一定程度的漫滩。再次，剖面补砂方式主要包括沙丘补砂、滩肩补砂、剖面补砂和水下补砂。最后，砂质海滩修复填砂可采用单层或多层设计，修复海滩长度大、填砂量较多时宜采用多层设计，垫层砂粒径和分选可大于沉积物设计粒径，表层砂粒径和分选与沉积物设计粒径一致。砾质海滩宜采用分层设计，砾石填充结构可使用滩面耗能层、渗透垫层和基础层构成的三层混合断面结构。

人工构筑物设计：人工构筑物结构设计按 JTS 154 的规定执行，如条件允许，宜与人工鱼礁、牡蛎礁等生态方式相结合建设，应尽量考虑采用生态友好型材料。人工构筑物设计主要包括拦沙堤、离岸堤、人工岬头和旁通输沙设计。(a) 拦沙堤包括完全拦沙和部分拦沙两种功能类型。完全拦沙型应修建于养护或修复海滩沿岸输沙的下游段，还应与岸线形态相吻合构成人工岬角。相对地，部分拦沙型通常位于海滩养护区的末端，通过拦沙实现海滩的局部调整，提升修复岸段的海滩稳定性，并保证泥沙向下游交换的自然畅通。(b) 离岸堤也包括出水离岸堤和潜堤两种类型。出水离岸堤设计应遵循离岸堤背后养护海滩的岸线变化与影响因素之间的相互关系。潜堤堤顶高程应低于最低低潮位面，适用于潮差较小的海岸区域。(c) 人工岬头通过改变波浪绕射点来改变海岸入射波浪，配合补砂可塑造稳定的岬湾海滩，主要适用于静态岬湾海滩，应有利于构造静态岬湾形态，不能破坏原岬湾形态和现有海滩稳定性，不能用于平直海岸的海滩修复。(d) 河道、航道或突堤等阻隔海滩沉积物的自然传输时，宜采用旁通输沙设计连接上下游海岸，实现海滩输沙链的自然流通状态，维持下游海滩平衡稳定。

沉积物设计：补砂沉积物的获取、质量和参数应符合国家沙源开采的相关规定、符合国家标准对沉积物质量的要求；而海滩浴场沉积物质量应符合国标第一类海洋沉积物质量要求，旅游景观海滩沉积物质量则应不低于国标第二类海洋沉积物质量要求。同时，养滩沉积物选取应综合考虑原始天然海滩或附近相似海滩沉积物特征、工程区的波浪条件、工程的修复或养护目的。补砂平均粒径大小的基本原则为填充沙平均粒径要等于或略粗于工程区天然海滩砂。对于强侵蚀岸段，不宜采用砂质海滩护岸，宜采用卵石海滩修复方式。施工补砂量需要考虑施工过程以及海滩养护后的沙体的自然调整和流失，推荐实际施工补砂量为理论计算补砂量的 1.3~1.5 倍。

后滨沙地植被修复工程设计：植物筛选具体要求选用抗风、耐土壤盐、耐盐雾、耐干旱、耐贫瘠的植物；以木本植物为主，乔灌草相结合，地被植物宜以多年生植物为主，一年生植物为辅。优先选择固氮植物，适当配置“花化”、“彩化”、“香化”的植物。在不破坏野生植物资源的前提下，宜多选用珍稀濒危植物。鼓励驯化和繁殖目前市面上没有的乡土植物，并推广应用。针对防风固沙和海岸保护的植被修复，通常选择大面积种植适生物种。针对构建生态景观的植被修复，方案设计时应考虑以下几点：常绿植物和落叶植物、骨干植物与基调植物、速生植物与慢生植物等科学配置；体现造景需要，满足生态修复功能要求，构建具有海岸带特征的植物群落景观；根据立地条件种植不同的物种，与周围景观元素构成丰富有层次的植物群落。若需要开展土壤改良，则通过自然恢复型改良或景观构建性改良方式。

②模拟预测

海滩修复工程数值模拟分析需包括水动力环境数值模拟、海岸输沙数值分析、岸线地形长周期演变、海滩剖面适应性调整和极端动力条件下短周期响应变化等方面，用于预测养护海滩设计寿命。海滩修复工程极端波浪或风暴浪条件下短周期演变模拟，可使用模型 UNIBEST-TC、CROSS、XBeach、SBEACH、CROSPE 和 NearCoM 等；而海滩修复工程岸线长周期演变模拟最常用的为基于一线模型的 GENESIS 模型等。另外，针对修复海滩的极端动力过程，可开展物理模型实验，模拟修复海滩对极端动力过程的响应，结合数值模拟结果，分析海滩地貌稳定性，辅助海滩方案设计。

(3) 方案实施

方案实施是海滩生态修复工程实践的最后一步，包括生态修复工程实施和生态修复管护实施。

海滩修复工程实施须依据修复工程方案设计，积极组织生态修复工程的实施，其实施过程防止施工造成新的污染和生态破坏，注意减

小对海岸带生态环境的负面影响：合理安排施工时间，宜选择风浪较小、中高潮的时段开展施工；宜采取规模较小的海滩修复单元和少量多次的填砂方式。工程实施过程中，采取适宜的补砂方式，沙丘补砂宜采用陆域补砂施工方式，滩肩补砂可采用陆域或者海域补砂施工方式，剖面补砂和水下补砂宜采用海域吹填补砂施工方式。海滩修复的主要推荐补砂方式为滩肩补砂和剖面补砂，实际施工也可以选择二者的结合。

根据海滩生态修复管护方案，严格实施海滩生态修复管护，直至海滩生态修复目标实现。当海滩修复填砂流失量超过 50%时须进行再养护补砂。海滩生态修复管护时，应及时清理海漂垃圾，保持海滩干净整洁。风暴后及时进行人工维护，快速恢复正常海滩地形形态。定期开展修复海滩监测，及时发现侵蚀热点，提出管理策略。开展弱动力条件下海滩泥化监测和趋势评估，定期检查后滨沙地植被自然状态及成活率。定期开展生态环境监测，检查修复后底栖生物的恢复。

三、主要验证分析与预期经济效果

（一）国家标准技术验证

本标准编写过程中，编写组成员主要基于我国海滩修复相关的 4 项行业标准，结合国内外海滩生态修复技术的理论研究成果和发展现状，在充分分析吸收国内外相关标准的内容、我国海滩动力地貌与海岸带生态修复最新研究成果和成熟经验的基础上，形成并进一步完善了海滩生态修复技术的体系，充分体现了本标准的科学性、先进性和可操作性。

为了进一步验证该标准的科学性、实用性和可操作性，编写组在编写的过程中，与国内浙江省水利河口研究院（浙江省海洋规划设计研究院）、中交水运规划设计院有限公司、河北省地质矿产勘查开发

局第八地质大队等三家单位合作，分别对杭州“环市鲜叠大坝海堤安全生态建设及沙滩整治工程”、“台州市玉环市鸡山岛砂砾质岸线整治提升工程”、“海口市西海岸生态整治与修复项目”和“秦皇岛金沙湾海洋生态保护修复工程”开展了该标准的验证工作。针对标准里的问题诊断、方案设计、方案实施等海滩生态修复工作流程逐一开展应用和验证。通过对实际海滩生态修复工程案例的分析及实践过程中发现的相关问题，进一步修改和完善本标准，有效提高海滩修复稳定性，提升海滩生态修复效果，降低后期管理与养护费用，实际应用效果明显，可推广应用于指导我国海滩生态修复工程的工作。

（二）预期的经济效果与社会效益

该标准适用于我国海岸线整治和海滩生态修复，其实施将推动并进一步提升我国岸滩整治、海滩生态修复的标准化。海滩生态修复还可为海滩栖息生物提供场所，恢复后滨植被和动物群落，以及改善潮间带生态环境。同时，修复后的海滩成为重要的旅游载体，是滨海城市景观不可或缺的一部分，既可以丰富滨海地区的旅游休闲方式，也可以显著提高海岸的防灾减灾能力。而海滩生态修复附近海岸陆域财产的价值也相应得到提高，产生了近岸财富增值效益。此外，海滩修复工程通过带动当地旅游业的发展，为周边土地的建设与开发带来更好的商机，其隐性商业价值将会得到极大提升，形成以滨海沙滩旅游经济为支撑的高地增值效应；城市及周边存在优良的海滩，通过举办海滩相关活动将提升城市海洋文化内涵，提高城市文化品位。因此，本标准的颁布实施将具有良好的社会效益、经济效益和生态效益。

四、采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况，或与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况

无。

五、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本技术方法与当前现行的法律、法规和标准无冲突。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

七、国家标准作为强制性国家标准或推荐性国家标准的建议

近十余年来，我国沿海各省市、自治区相继开展了大量海岸整治与海滩修复相关的工程建设。据统计，截止 2021 年底，我国完成的海滩养护与修复工程有 100 余项。根据我国海岸和海滩环境特征，结合海滩养护工程实践经验，目前我国已形成了一系列海滩修复技术成果，如《中国海滩养护技术手册》、海洋行业标准《海滩养护与修复技术指南》等；但是，尚未制修订相关国家标准。

本标准通过对我国近 20 年来开展的大量海滩养护与修复工程实践经验的总结，拟在原有行业技术标准基础上制定该国家标准，作为《海洋生态修复技术指南》系列标准的一部分，用于提升我国海滩保护和修复的能力，支撑我国国土空间生态修复的工作。因此，本标准定位为海洋国家标准。

八、贯彻国家标准的要求和措施建议

(1) 积极组织编写人员参加海滩生态修复有关各项活动、培训班、学术研讨会等。及时了解该技术方法的前沿成果、研究内容、编制思路，尤其是熟悉海滩生态修复技术流程、调查和监测方法、设计要求、验收方式等。

(2) 通过互联网、移动网络、短信、报刊、广播等多种平台宣传在我国开展海滩生态修复的重要性，积极推广海滩生态修复技术方法的理念。

(3) 海滩作为不可再生的一种稀有资源，建议通过合理途径，积极开展海滩保护相关的立法工作。

九、废止现行有关标准的建议

无。

十、其他应予说明的事项

无。