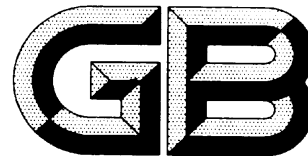


ICS 点击此处添加 ICS 号
点击此处添加中国标准文献分类号



中华人民共和国国家标准

GB/TXXXXX—XXXX

海洋生态修复技术指南 第 6 部分：海滩修复

Technical guidelines for ocean ecology rehabilitation Part VI: beach restoration

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会

发布

目 次

前 言.....	II
引 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
5 工作流程.....	2
6 分析诊断.....	3
6.1 资料收集与实地踏勘.....	3
6.2 海滩修复选址.....	5
6.3 背景调查.....	5
6.4 问题诊断.....	8
6.5 修复适应性评估.....	8
7 方案设计.....	9
7.1 海滩养护设计.....	9
7.2 模拟预测.....	12
7.3 管护措施制定.....	13
8 方案实施.....	13
8.1 生态修复工程实施.....	13
8.2 生态修复管护实施.....	13
附录 A（资料性）海滩修复平面补砂方式与养护和修复岬湾海滩平面形态设计.....	16
附录 B（资料性）养护和修复海滩剖面设计.....	17
附录 C（资料性）剖面补砂方式示意图.....	18
参考文献.....	19

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。

本文件是GB/T 41339《海洋生态修复技术指南》的第6部分。GB/T 41339已经发布了以下部分：

——第1部分：总则；

——第2部分：珊瑚礁生态修复。

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。

本文件由中华人民共和国自然资源部提出。

本文件由全国海洋标准化技术委员会（SAC/TC 283）归口。

本文件主要起草单位：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。

本文件主要起草人：蔡锋、戚洪帅、丰爱平、张弛、赵绍华、于帆、雷刚、张琳婷、刘建辉、曹慧美、曹超、刘根、郑吉祥。

引 言

随着我国生态文明建设不断深化，国土空间规划体系建设加快推进，海洋生态保护和修复各级规划计划正在制定或实施，海洋生态修复项目呈现出类型日渐多样、数量逐年递增、规模不断扩大的趋势。为进一步规范海洋生态修复活动，提高海洋生态修复成效，制定GB/T 41339《海洋生态修复技术指南》。GB/T 41339《海洋生态修复技术指南》是指导各类海洋生态修复工作的基础性和通用性标准，拟由六个部分构成。

- 第1部分：总则。目的在于确立普遍适用于各类海洋生态修复的基本原则、总体流程和技术要求。
- 第2部分：珊瑚礁生态修复。目的在于规范珊瑚礁生态修复的流程、内容和技术要求。
- 第3部分：红树林生态修复。目的在于规范红树林生态修复的流程、内容和技术要求。
- 第4部分：海草床生态修复。目的在于规范海草床生态修复的流程、内容和技术要求。
- 第5部分：滨海盐沼生态修复。目的在于规范滨海盐沼生态修复的流程、内容和技术要求。
- 第6部分：海滩生态修复。目的在于规范海滩生态修复的流程、内容和技术要求。

海洋生态修复技术指南 第6部分：海滩修复

1 范围

本文件规定了海滩修复工程的基本原则、工作流程、分析诊断、方案设计、方案实施等内容。
本文件适用于中华人民共和国管辖海域内所进行的海滩修复工作。

2 规范性引用文件

下列文件对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 17378.3-2007 海洋监测规范第3部分：样品采集、贮存与运输
GB 17378.4-2007 海洋监测规范第4部分：海水分析
GB 17378.5-2007 海洋监测规范第5部分：沉积物分析
GB 17378.7-2007 海洋监测规范第7部分：近海污染生态调查和生物监测
GB 18668-2002 海洋沉积物质量
GB/T 14914.2-2019 海洋观测规范 第2部分：海滨观测
GB/T 17501-2017 海洋工程地形测量规范
GB/T 18190-2017 海洋学术语 海洋地质学
GB/T 41339.1-2022 海洋生态修复技术指南 第1部分：总则
HY/T 254-2018 海滩质量评价与分级
HY/T 255-2018 海滩养护与修复技术指南
HY/T 0304-2021 海滩后滨沙地植被修复技术方法
HY/T 0330-2022 海滩养护与修复工程验收技术方法
JTS 154 防波堤与护岸设计规范
SL 260-2014 堤防工程施工规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

海滩 beach

由激浪和激浪流作用，在海滨塑造形成的松散沉积物堆积体。

[GB/T 18190-2017, 定义 2.3.4]

3.2

后滨 backshore

海岸线至平均高潮线之间的地带。

[GB/T 18190-2017, 定义2.1.5]

3.3

滩肩 beach berm

分布于后滨前缘地带平坦的、阶梯状的堆积面。

[GB/T 18190-2017, 定义2.3.8]

3.4

干滩 dry beach

除极端水动力过程外，长时间不受水动力作用的海滩部分。

[GB/T 18190-2017, 定义2.3.9]

3.5

闭合深度 closure depth

海滩剖面产生季节性有效变化的向海界限深度，该深度通常无海底底床显著变化，近滨与滨外间无明显沉积物交换。

[HY/T 255-2018, 定义3.8]

3.6

漫滩高度 overwashing elevation

风暴期间当最高水位超过干滩高程时，最高水位与干滩高程的差。

3.7

砂泥分界线 sand-mud transition

海滩沉积物由砂向泥转变的分界限，平均粒径小于63 μm 或者泥含量大于25%。

[HY/T 255-2018, 定义3.6]

3.8

侵蚀热点 beach erosion hot spots

海滩修复工程竣工后，养护海滩上侵蚀速率大于邻近岸段，或者大于基于对泥沙运移机理以及海滩整体演变知识进行预测的侵蚀速率的岸段。

4 基本原则

海滩修复的基本原则宜遵守GB/T 41339.1-2022中第4章的规定。

应统筹兼顾生态效益与社会效益，精心设计、合理安排、有序推进岸滩整治与生态修复工作，提高生态修复成效。

5 工作流程

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。

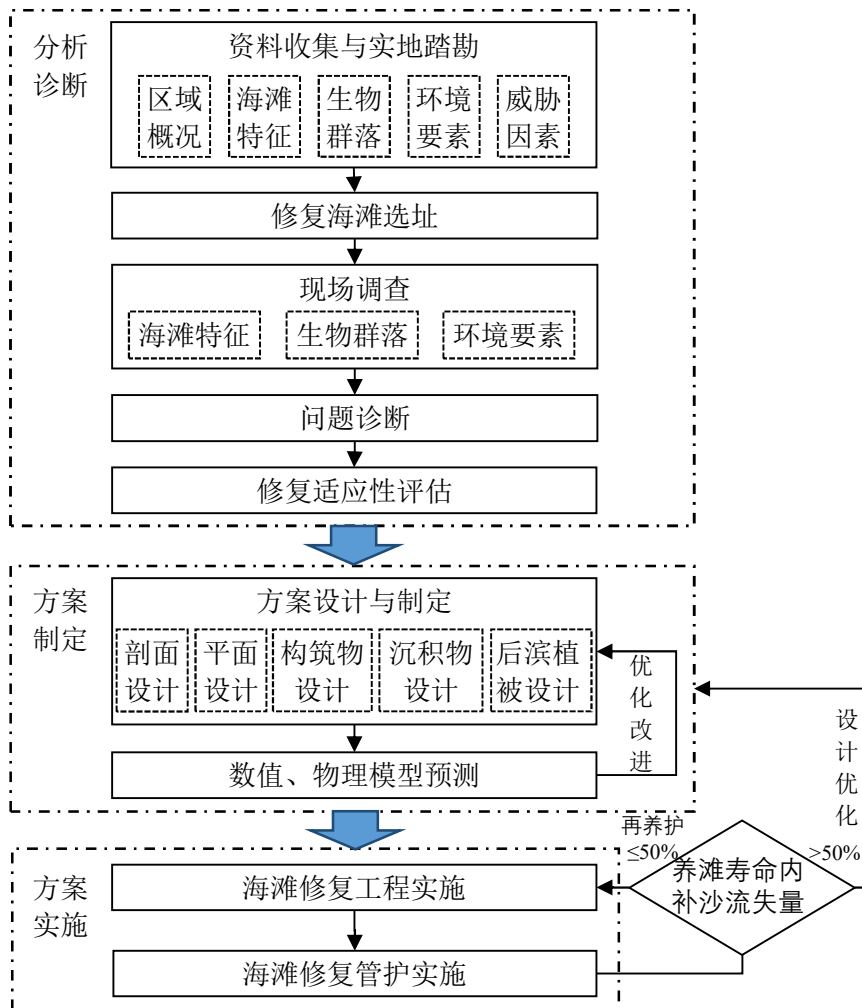


图 1 海滩修复工程建设流程图

6 分析诊断

6.1 资料收集与实地踏勘

6.1.1 范围

资料收集与实地踏勘范围宜遵守GB/T 41339.1-2022中第6.1.1节的规定。

6.1.2 主要内容

6.1.2.1 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。

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）	风暴潮	资料收集或现场调查		★
		台风	资料收集		★
		其他灾害性海浪	资料收集		★
	海岸开发利用（人类活动影响）	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		★		

6.1.2.2 实地踏勘宜包括以下内容：

- 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；
- 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；
- 人类影响，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；
- 灾害风险，包括风暴潮、强降水等极端动力事件过程。

6.2 海滩修复选址

海滩修复项目选址宜遵守GB/T 41339.1-2022总则第6.2节的规定，着重注意的条件还包括：

- 宜选择海水水质优良、水体交换能力强的岸段；
- 宜避开污染排放源、滨海砂矿开采、海洋工程、海洋生态保护区。

6.3 背景调查

海滩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。其中，海滩地形地貌调查要求见表2，沉积物调查要求见表3，海岸动力环境调查要求见表4。

表 2 海滩地形地貌调查要求

内容	要求	
岸滩剖面监测	测量范围	海滩后滨向海至平均大潮低潮线。
	剖面布设	剖面垂直岸线布设，密度不少于4条/km，基点固定。
	测量比例尺	不低于1:500。
	测量频率	a) 常规监测：施工前2年内至少完成1次每季度1次的周年监测；施工后第一年，不低于每季度1次，此后不少于2次/年； b) 风暴期间监测：风暴前2个月内完成前期调查，风暴后分别在5天、1个月、3个月内完成重复调查，若遇多次风暴作用，以最后一次风暴为后续调查时间起始点加测。
	测量技术要求	应符合GB/T 17501-2017中第10.2节的规定。
近岸水下地形	测量范围	岸线向海延伸至闭合深度以深。
	剖面布设	由岸滩监测剖面的基点，垂直岸线布设，方向延伸向海，海滩长度小于1 km，设置不少于4条剖面；海滩长度大于1 km，布设密度不少于4条/km。
	测量比例尺	不低于1:5000。
	测量频率	a) 常规监测：现状地形数据，应符合HY/T 255-2018中第6.3节的规定； b) 风暴期间监测：风暴前2个月内完成前期调查，风暴后15天内。
	测量技术要求	应符合HY/T 255-2018中第6.3节的规定。
岸线变化	测量范围	海滩区域岸线。
	测量比例尺	不小于1:500。
	测量频率	a) 常规监测：施工前近2年内不少于1年周期，不低于每季度1次；施工后第一年，不低于每季度1次，此后不少于2次/年； b) 风暴期间监测：风暴前2个月内完成前期调查，风暴后5天内，1个月、3个月分别完成后续重复调查，若多次风暴作用，以最后一次风暴为后续调查时间起始点。
	测量技术要求	基于实地测量，结合卫星遥感影像岸线提取，应符合GB/T 17501-2017中第10.3节的规定。
后滨高度	测量范围	结合海滩剖面布设，测量海滩后滨前缘沙丘、滩肩的最高点的位置和高程，若有海堤且无滩肩或沙丘发育，则为海堤堤顶位置和高程。
	测量频率与时间	风暴前2个月内完成前期调查，风暴后5天内完成灾后调查。
	测量技术要求	应符合GB 17501-2017中第10.2节的规定。
侵蚀热点	测量范围	结合海滩剖面布设，后滨侵蚀陡坎、堤前下蚀区域、工程构筑物及近岸人类活动导致岸滩变化剧烈的区域。

	测量频率与时间	风暴后5天内、1个月、3个月分别完成后续重复调查。
	测量内容	后滨陡坎范围和高度、侵蚀热点范围与数量。
注：高程基准面为1985国家高程基准。		

表3 沉积物调查要求

内容	要求	
沉积物	站位布设	a) 沉积物调查剖面同地形调查剖面一致，应分别在沙丘、滩肩、高潮带、中潮带、低潮带等代表性位置各设置1个表层沉积物取样点； b) 潮间带宽度小于等于200 m，调查站位设置不少于3个；潮间带宽度大于200 m，调查站位设置不少于5个站位； c) 近岸水下沉积物调查站位布设原则为每500 m 1个站位。
	取样深度	表层 5 cm~20 cm。
	取样频次	与剖面地形调查同步。
砂泥分界线	调查方法	利用高精度测量设备获取砂泥分界线平面位置和高程，测量比例尺不低于 1:200。
	调查频次	近 2 年内，不少于冬夏各 1 次。
	位置	滩面沉积物砂、泥过渡地带。

表4 海岸动力环境调查要求

内容	要求	
波浪	观测时间	a) 近5年内代表性季节不少于1个月的连续观测深水波况； b) 风暴潮期间。
	观测水深	a) 海岸附近海域水深10 m~20 m处为宜； b) 风暴期间加测潮间带及近岸浅水区波况。
	观测技术方法	a) 应符合GB/T 14914.2-2019中第7章的规定； b) 在风暴前在目标海滩海域10 m~20 m水深区域开展海床基动力观测，可采用浪潮仪和水位计观测风暴期间目标海域的浪、流和水位数据； c) 海滩断面观测选取的断面应具有典型性，一般设置在整个砂质岸段的中间段，且非侵蚀热点和无人工构筑物影响的区域。潮间带及近岸浅水区波浪观测方法如下：布设3个浪潮仪组成的观测阵列，横向范围涵盖低潮带、中潮带、高潮带(堤前)区域，相邻仪器之间高程差为0.1 m~2.0 m，采样频率为2 Hz~4 Hz。
海流	观测时间、 站位布设、 技术要求	应符合 HY/T 255-2018 中第 6.1 节的规定。
悬沙		
潮位		
风		
区域海平面	/	应符合 HY/T 255-2018 中第 6.1 节的规定。
风暴潮最大漫滩高度	观测时间	风暴后观测。
	观测手段	现场调查和无人机遥感相结合方式。
注：调查中涉及的水深基面建议采用当地平均海平面。		

生物群落调查包括潮间带底栖生物和后滨植被调查，潮间带底栖生物调查要求见表 5，后滨植被调查要求见表 6。

表 5 潮间带底栖生物调查要求

调查要素	潮间带底栖生物类型、数量及分布特征
站位布设	a) 选取潮间带完整、岸滩稳定性较好、无人破坏或人为扰动较小的岸段设置调查剖面； b) 潮间带宽度大于200 m，通常在高潮区布设1站、中低潮区布设3站；潮间带宽度不大于200 m，在高潮区布设1站、中低潮区布设2站。
调查频次	每年春季、秋季大潮期间各调查1次，并兼顾历史调查季节。
技术方法	用25 cm×25 cm×30 cm的定量框在每站取6~8个样方，进行定性取样与观察。取样时，先将取样器挡板插入框架凹槽，再将其插入岸滩内，继而观察记录框内表面可见的生物及数量。

表 6 后滨植被调查要求

调查要素	植被类型、植物种类、面积、株数、株高、胸径、冠幅、盖度及生活力等。
站位布设	a) 样线设置 样线设置的要求包括以下方面： ——调查线路设立应注意代表性、随机性、整体性和可达性相结合； ——样线的布局尽可能全面，分布在调查区域内的各代表性地段，避免在一些地区产生漏空，并用GPS记录路线。 b) 调查样地及样方设置 调查样地及样方设置的要求包括以下方面： ——乔木树种及大灌木主样方面积为100 m ² (10 m×10 m)。主样方通常设置为正方形，特殊情况下也可设置为长方形，但其最短边不小于5 m； ——灌木植物及高大草本主样方面积为25 m ² (5 m×5 m)； ——草本植物主样方面积为1 m ² (1 m×1 m)； ——藤本植物：生长在乔木林总的主样方面积为100 m ² (10 m×10 m)；生长在灌木丛中的主样方面积为25 m ² (5 m×5 m)； ——为保证调查所需精度，两个样地之间的距离不小于100 m，各植物群落至少1个样地。
调查频次	a) 常规调查：每年调查一次，应安排在5月~9月间； b) 风暴期间调查：风暴后一个月内调查一次。
技术要求	a) 胸径≥5 cm的乔木、小乔木树种要求每木检尺；灌木树种及草本以丛或株为单位调查记载； b) 通过卫星遥感影像解译获取后滨植被面积，遥感影像分辨率应不低于0.6 m，成图比例尺精度不小于1:5000；通过无人机遥感影像解译获取后滨植被面积，遥感影像分辨率应不低于0.3 m，成图比例尺精度不小于1:2000。

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。其中，近岸海水水质调查要求见表 7，潮间带沉积物质量调查要求见表 8。

表 7 近岸海水水质调查要求

调查指标	粪大肠菌群、水色、水温、盐度、透明度、pH 值、石油类、溶解氧
站位布设	a) 海水水质监测断面方向应与主潮流方向或海岸垂直；根据海滩长度确定监测断面数量。海滩长度不大于2 km，设置不少于1个监测断面；海滩长度2~5 km，设置不少于2个监测断面；海滩长度大于5 km，设置不少于3个监测断面； b) 海滩所设监测站位总数不少于3个。

调查频次	每年冬夏两季各调查一次。
技术要求	a) 样品的采集按照GB 17378.3-2007中第4章的规定执行，采样深度应为水下30 cm； b) 粪大肠菌群的分析按照GB 17378.7-2007中第7章的规定执行，水色、水温、盐度、透明度、pH值、油类、溶解氧、悬浮物的分析分别按照GB 17378.4-2007中第13、21、22、25、26、27、29、31章的规定执行。

表 8 潮间带沉积物质量调查要求

调查指标	粪大肠菌群、石油类、有机碳、硫化物
站位布设	同表 7。
调查频次	同表 7。
技术要求	a) 采样方法按照GB 17378.5-2007中第4章的规定执行； b) 粪大肠菌群的分析按照GB 17378.7-2007中第7章的规定执行，石油类、有机碳、硫化物的分析分别按照GB 17378.5-2007中第13、17、18章的规定执行。

6.4 问题诊断

海滩修复的问题诊断内容宜包括海滩侵蚀诊断、海滩质量诊断和生态退化诊断等。

海滩侵蚀的诊断，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。海滩侵蚀判定与灾害评估方法参见GB XXXXX-XXXX《海岸侵蚀监测与灾害损失评估技术规范》（编制中，计划号：20194456-T-418）。

海滩质量的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。海滩自然质量、开发质量与综合质量等级评价指标和方法参见HY/T 254-2018。

生态退化的诊断宜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，生态退化诊断的指标和方法参见GB/T 41339.1-2022总则第6.5.2和6.5.3节。

6.5 修复适应性评估

6.5.1 评估指标

海滩修复区应满足海滩发育的需求，表9中给出了用于判定生态修复适宜性评价的判定指标。

表 9 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 3 m。
动力条件	波浪	年均有效波高大于 0.5 m。
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。
人类活动	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。

6.5.2 评估分析

对符合6.5.1指标的修复区，应按如下要求进行适宜性分析：

——海滩受损机理分析。包括海滩受损情况、海滩输沙状态、周边人类活动、构筑物对海滩的影响、侵蚀热点区域成因；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。

——动力环境适宜性分析。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、岸线形态和构筑物对波浪动力的影响，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。

——海岸地形地貌适宜性分析。包括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。

——生态与环境适宜性分析。近岸水质条件、沉积物是否满足修复需求，应满足HY/T 255-2018中第4.4和7.5节要求；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。

6.5.3 评估方法与结果

海滩修复区域指标满足表9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6.5.2规定评估分析可行性，并以此提出针对性修复措施和方案。

7 方案设计

7.1 海滩养护设计

7.1.1 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，平面补砂方式见附录A.1。

——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。

——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（参见7.2），合理设计补砂区域及岸线形态。

——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。

7.1.2 海滩剖面设计

7.1.2.1 剖面形态设计

剖面形态设计方法如下：

——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。

——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，计算方法见附录B.1，设计要点见附录B.2。

7.1.2.2 剖面补砂方式

剖面补砂方式主要包括沙丘补砂、滩肩补砂、剖面补砂和水上补砂，补砂示意图见附录C。

——沙丘补砂将泥沙堆积于海滩后滨，提升后滨沙丘的高度和宽度，配合后滨沙生植被修复可以提升海岸风沙防护能力。该方法为防御性修复，适用于地势较低的海滩薄弱区域以及海岸风沙活动剧烈的区域。

——滩肩补砂是我国最常见的补砂方法，将泥沙直接堆积于滩肩前缘，拓展干滩宽度，快速增加海滩空间。该方法施工简单，修复初期滩面变化快速，需要较长的时间才能形成平衡剖面。

——剖面补砂是在整个剖面上进行补砂，直接人工塑造近平衡剖面形态。该方法需要精准设计填砂粒径、填砂剖面和超填率，海滩修复后迅速达到平衡状态；但施工技术要求高，施工期风暴作用对其影响较大。

——水下补砂是在近岸水下区域开展泥沙抛填，形成平行于海岸的水下人工沙坝，兼具消浪和砂源双重作用，直接增加海滩防护能力，海滩滩面自然拓展。该方法不适用于以增加休闲空间为目的的海滩修复项目，通常和其他补砂方式组合使用。

7.1.2.3 滩肩高程设计

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。可用以下公式计算：

$$H_B = H + R_2 \quad (1)$$

$$R_2 = 1.1 \left\{ 0.35 \beta_f (H_0 L_0)^{1/2} + \frac{[H_0 L_0 (0.563 \beta_f^2 + 0.004)]^{1/2}}{2} \right\} \quad (2)$$

式中，

H_B ——滩肩高程，单位为米（m）；

H ——20年重现期设计高水位，单位为米（m）；

R_2 ——波浪爬高，单位为米（m）；

β_f ——滩面坡度，单位为度（°）；

H_0 ——深水波波高，单位为米（m）；

L_0 ——深水波波长，单位为米（m）。

7.1.2.4 分层设计

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。

7.1.3 人工构筑物设计

7.1.3.1 常用类型与设计原则

7.1.3.1.1 拦沙堤

拦沙堤包括完全拦沙和部分拦沙两种功能类型。

——完全拦沙。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。推荐入射主波向与拦沙堤之间的交角为100°~110°；拦沙堤在水中的长度以岸线至破波点距离的40%~60%为最有效的设置距离。

——部分拦沙。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。

7.1.3.1.2 离岸堤

离岸堤包括出水离岸堤和潜堤两种类型。

——出水离岸堤，其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，其关系式如下：

$$\frac{X_S}{B} = f(H_0/L_0, S/B, \tan \theta, \alpha, G_o, \gamma) \quad (3)$$

式中，

X_S ——离岸堤之背后沙嘴长度，单位为米（m）；

B ——堤长，单位为米（m）；

H_0 ——深水波波高，单位为米（m）；

L_0 ——深水波波长，单位为米（m）；

$\tan \theta$ ——海滩坡度；

S ——离岸距离，单位为米（m）；

α ——堤体附近的波向角，单位为度（°）；

G_o ——开口宽度，单位为米（m）；

γ ——堤体的孔隙率（%）。

在上游有足够来沙的情况下，当离岸堤的离岸距离 X_B 与堤长 L_B 的比值在1~2时，堤后将形成由岸伸向海的沙岬；当 $X_B/L_B < 1$ 时，沙岬将发展成连岛沙坝。

——潜堤，其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。

推荐潜堤平均低潮位时透射系数为0.2~0.3，平均高潮位时透射系数不低于0.6，潜堤波浪透射系数与堤顶在计算水位以上的高度之间的关系应符合JTS 154的规定。

7.1.3.1.3 人工岬头

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。

人工岬头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。

7.1.3.1.4 旁通输沙

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。

宜采用普通泵和射流泵两种方式人工构筑旁通输沙系统。

7.1.3.2 人工构筑物结构设计

人工构筑物结构设计应符合以下要求：

- 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；
- 宜采用生态友好型材料。

7.1.4 沉积物设计

7.1.4.1 基本要求

补砂沉积物的获取、质量和参数应符合以下要求：

- 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；
- 海滩浴场：沉积物质量应符合GB 18668-2002规定的第一类海洋沉积物质量的要求；
- 旅游景观海滩：沉积物质量应不低于GB 18668-2002规定的第二类海洋沉积物质量的要求；

——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。

7.1.4.2 粒径要求

符合泥沙相容性要求，以补砂的平均粒径为设计指标，确定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，卵石粒径一般选取60 mm~120 mm，颗粒磨圆度为圆形或亚圆形、克鲁宾球度大于0.5、分选系数小于2.0。

7.1.4.3 补砂量计算

通过设计的养护与修复海滩地形和原始海滩地形之间的体积差异，结合预测流失量和补砂周期来计算需要填充沙体方量，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。

7.1.5 后滨沙地植被修复工程设计

7.1.5.1 植物筛选

植物筛选具体要求如下：

- 宜选用抗风、耐土壤盐、耐盐雾、耐干旱、耐贫瘠的植物，适生植物参见HY/T 0304附录C；
- 以木本植物为主，乔灌木相结合，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；
- 为防止生物入侵，宜采用本土优势种植物；
- 鼓励驯化和繁殖目前市面上没有的乡土植物，并推广应用。

7.1.5.2 土壤改良

土壤改良包括自然恢复型改良和景观构建性改良，其要求应遵循遵守HY/T 0304-2021中7.2的规定。

7.1.5.3 植物配置

植被配置具体要求如下：

- a) 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，风口处的乔木及灌木应按照 LY/T 1763—2008的要求执行。
- b) 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富有层次的植物群落。由海向陆可将后滨沙地植物群落分为四至五道防线，海滩后滨沙地植物群落结构图和配置模式分别参见HY/T 0304-2021附录B和附录C。

7.2 模拟预测

7.2.1 数值模拟

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，本文件推荐的海滩演变数值模型如下：

——海滩修复工程极端波浪或风暴浪条件下短周期演变模拟，代表性模型有UNIBEST-TC、CROSS、XBeach、SBEACH、CROSPE和NearCoM；

——海滩修复工程岸线长周期演变模拟，代表性模型有基于一线模型的GENESIS模型等。

7.2.2 物理模拟

针对修复海滩的极端动力过程，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7.2.1数值模拟结果，分析海滩地貌稳定性，辅助海滩方案设计。

7.3 管护措施制定

海滩修复管护措施制定宜遵守GB/T 41339.1-2022总则第7.3节的规定。

8 方案实施

8.1 生态修复工程实施

8.1.1 实施要求

海滩修复工程实施要求应符合下列规定：

- a) 海滩修复工程实施宜遵守GB/T 41339.1-2022总则第8.1节的规定；
- b) 海滩修复工程实施应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。

8.1.2 补砂施工方式

根据7.1.2.2，采取适宜的补砂方式（附录C），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。

8.1.3 人工构筑物施工

人工构筑物的施工要求应符合SL 260-2014中第3~7章的规定。

8.1.4 后滨沙地植被修复施工

后滨沙地植被修复的施工要求应符合HY/T 0304中第8章的规定。

8.1.5 质量控制

海滩修复工程质量控制应符合HY/T 0330-2022中第5.1节的规定。

8.2 生态修复管护实施

8.2.1 基本要求

海滩修复工程完成后的管护宜遵守GB/T 41339.1-2022总则第8.2节的规定。

海滩修复管护过程宜注意：

- 及时清理海漂垃圾，保持海滩干净整洁；
- 施工后采取适当人工干预，塑造合适的海滩形态；
- 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，其管护要求宜遵守HY/T 0304中第9章的规定；
- 定期开展生态环境监测，检查修复后底栖生物的恢复。

8.2.2 再养护要求

当海滩修复填砂流失量超过50%时须进行再养护补砂。

附录 A
(资料性)

海滩修复平面补砂方式与养护和修复岬湾海滩平面形态设计

A.1 海滩修复平面补砂方式

海滩修复平面补砂方式见图 A.1。

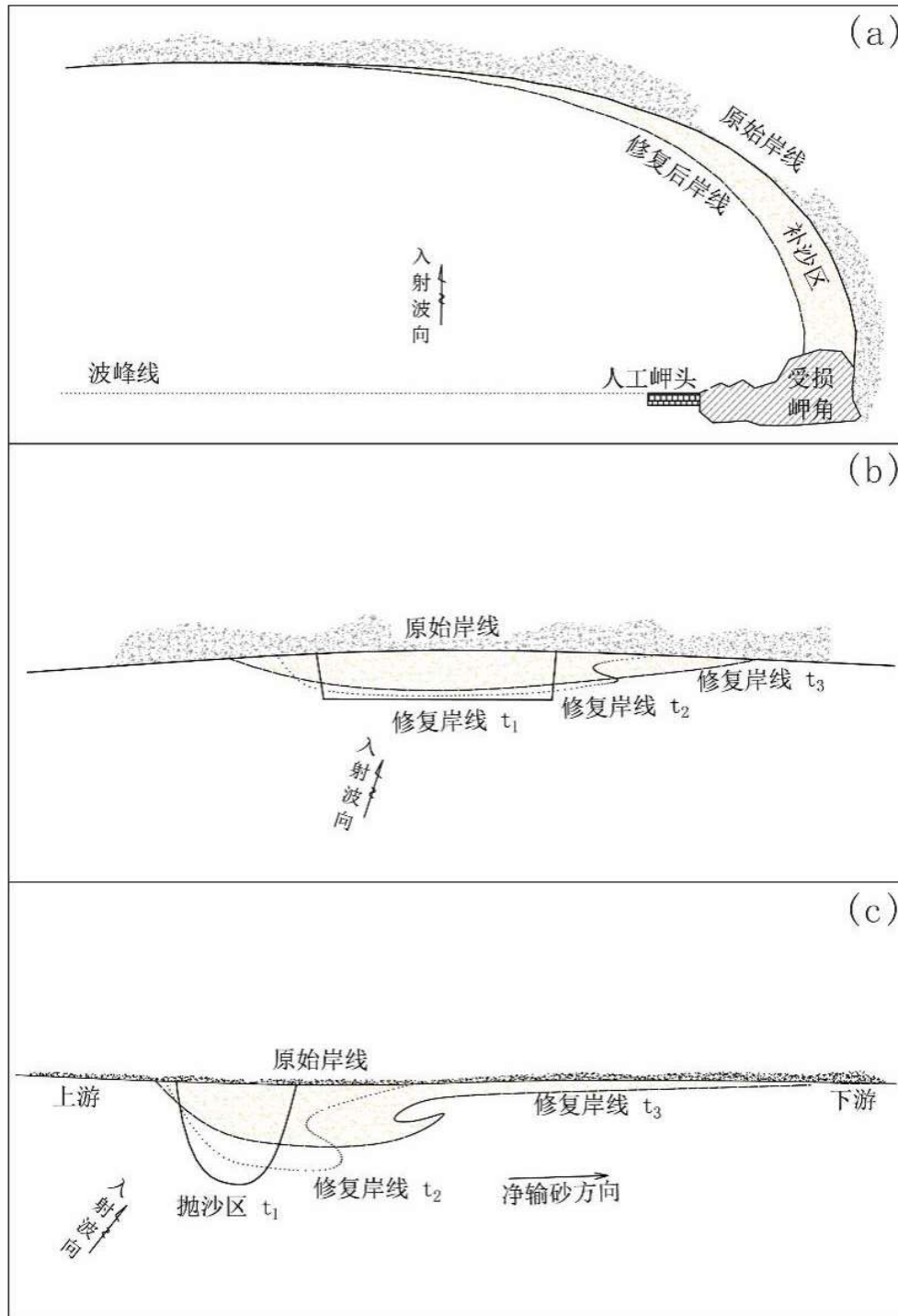


图 A.1 海滩修复平面补砂方式

(a)岬湾海滩补砂, (b)平直海滩补砂, (c)人工砂源补砂; 图中 t_0 、 t_1 、 t_2 表示海滩演化的先后时间顺序

A.2 养护和修复岬湾海滩平面形态设计

Hsu & Evans (1989) 的抛物线模型进行平面形态设计 (如图A.2), 其方程表示如下:

$$\frac{R_n}{R_0} = C_1 + C_2 \frac{\beta}{\theta} + C_3 \left(\frac{\beta}{\theta} \right)^2 \quad (1)$$

式中,

R_n ——任意极半径, 单位为米 (m);

θ ——相应的极角, 单位为度 ($^\circ$);

R_0 ——控制线的长度, 单位为米 (m);

β ——波峰线和控制线的夹角, 单位为度 ($^\circ$).

C_1 、 C_2 、 C_3 是 β 的函数, 其中, β 的范围为 $10^\circ \sim 80^\circ$, 各函数表达式如下:

$$C_1 = 0.0707 - 0.0047\beta + 0.000349\beta^2 - 0.00000875\beta^3 + 0.0000004765\beta^4$$

$$C_2 = 0.9536 + 0.0078\beta - 0.00004879\beta^2 + 0.0000182\beta^3 - 0.000001281\beta^4$$

$$C_3 = 0.0214 - 0.0078\beta + 0.0003004\beta^2 - 0.00001183\beta^3 + 0.0000009343\beta^4$$

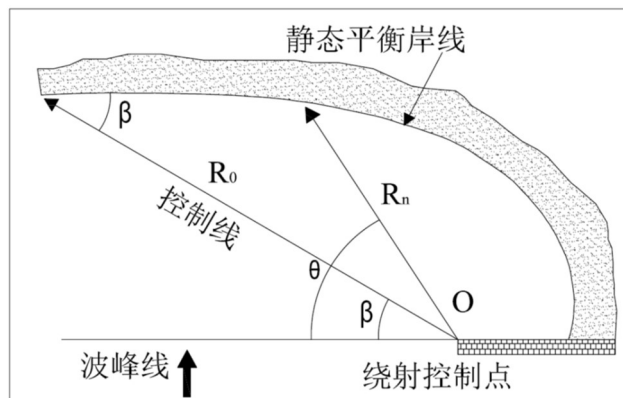


图 A.2 抛物线海岸平衡模式 (Hsu and Evan, 1989)

附录 B
(资料性)
养护和修复海滩剖面设计

B.1 设计公式

养护和修复海滩剖面设计推荐遵循 Dean (1977) 的海滩平衡剖面计算公式如下:

$$h = Ay^{2/3} \dots\dots\dots (A.1)$$

$$A = 0.067 \omega^{0.44} \dots\dots\dots (A.2)$$

$$\omega = 14D^{1.1} \dots\dots\dots (A.3)$$

式中 h——相对平均大潮高潮线的深度 (m);
y——离岸距离 (m);
A——海滩剖面尺度系数;
 ω ——泥沙沉降速度 (m/s);
D——沉积物平均粒径 (mm)。

B.2 设计要点

海滩横向剖面的设计要点如下:

——海滩的天然剖面形态类型主要为低潮阶地型和完全耗散型 (分类参见 Masselink & Short, 1993), 亦可见它们之间的过渡形态, 海滩剖面形态的设计需参考其原始形态和邻近岸滩剖面形态特征;

——在动力条件较弱的海湾进行海滩剖面设计时, 为防止或减缓岸滩的“泥化”趋势, 可适当增加养滩沉积物粒径以取得较大坡角;

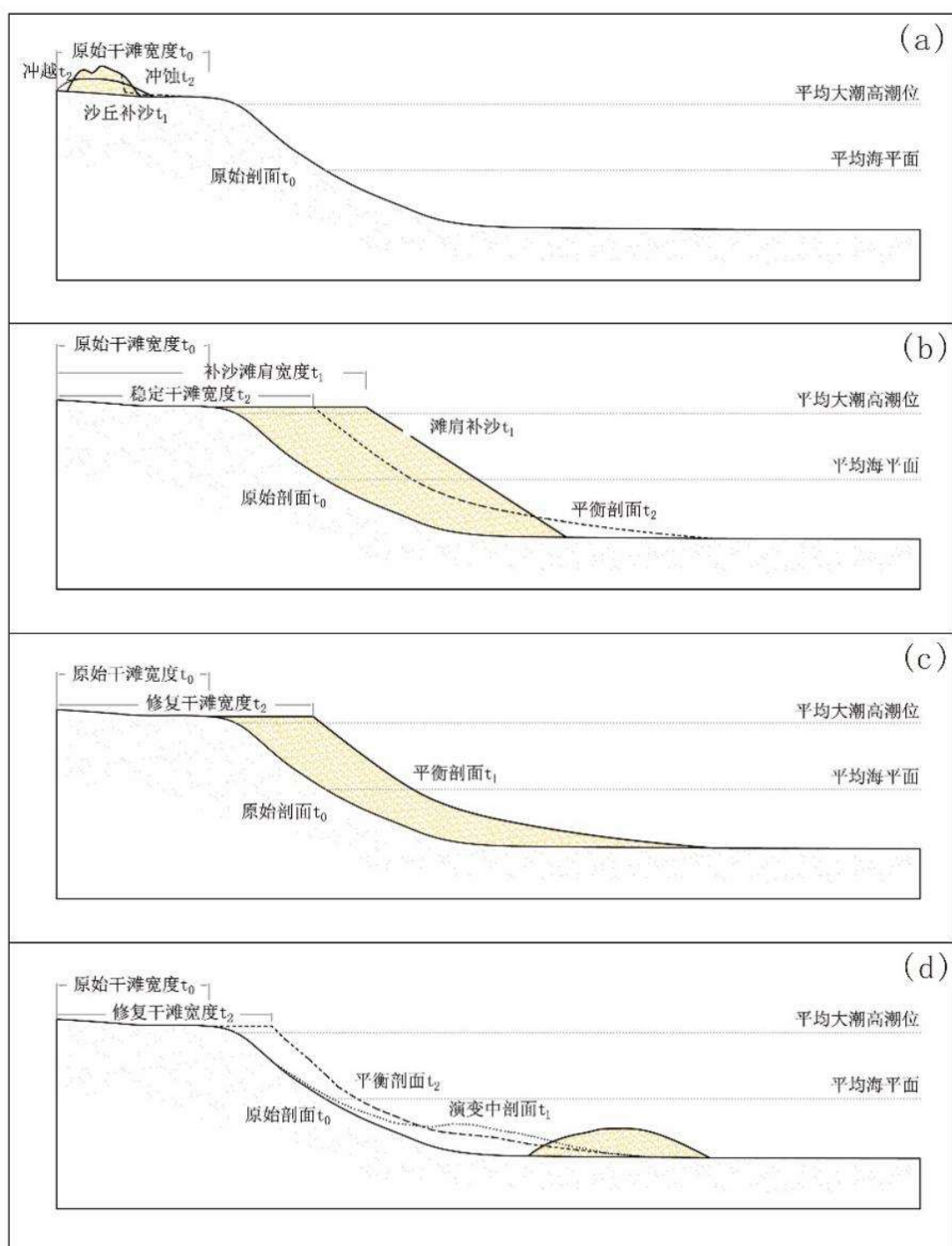
——养护或修复海滩设计的施工坡度推荐选择 1/8~1/15;

——推荐滩肩经济宽度以 30 m~60 m 为宜;

——动力较弱的海岸环境, 可对原岸滩向海一侧进行适当清淤, 以塑造稳定的海滩剖面。

附录 C
(资料性)
剖面补砂方式示意图

海滩修复剖面补砂方式见图 C.1。



图C.1 剖面补砂方式。(a)沙丘补砂，(b)滩肩补砂，(c)剖面补砂，(d)水下补砂；图中 t_0 、 t_1 、 t_2 表示海滩演化的先后时间。

参考文献

[1] Masselink G, Short A D. The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: a conceptual beach model[J]. Journal of Coastal Research, 1993: 785-800.

[2] Hsu J R C, Evans C. Parabolic bay shapes and applications[C]. ICE Proceedings. Thomas Telford, 1989, 87(4): 557-570.

[3] Dean R G. Equilibrium beach profiles: US Atlantic and Gulf coasts[M]. Department of Civil Engineering and College of Marine Studies, University of Delaware, 1977.

[4] Stockdon, H.F., Holman, R.A., Howd, P.A., Sallenger, A.H., 2006. Empirical parameterization of setup, swash, and runup. Coast.Eng. 2006, 53 (7): 573–588.
