

ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号



# 中国海洋学会团体标准

T/XXX XXXX—XXXX

## 海岸侵蚀灾害风险评估技术导则

Technical guidelines for risk assessment of coastal erosion

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

发布

## 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。

本文件由××××提出。

本文件由××××归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

# 海岸侵蚀灾害风险评估技术导则

## 1 范围

本文件规定了海岸侵蚀灾害风险评估的原则、评估范围及评估单元、评估流程、资料收集与现场观测、危险性评估、脆弱性评估、风险评估、合理性检查、成果制图与报告编制以及成果管理。

本文件适用于我国沿海地区的海岸侵蚀灾害风险评估工作。

## 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 12763.2 海洋调查规范 第2部分：海洋水文观测

GB/T 17501 海洋工程地形测量规范

GB/T 20257.1 国家基本比例尺地图图式 第1部分：1:500 1:1000 1:2000地形图图式

GB/T 20257.2 国家基本比例尺地图图式 第1部分：1:5000 1:10000地形图图式

GB/T 21010 土地利用现状分类

GB/T 28923.2 自然灾害遥感专题图产品制作要求 第2部分：监测专题图产品

GB/T 42435 海岸侵蚀监测与灾害评估技术规范

HY/T 058 海洋调查观测监测档案业务规范

HY/T 123 海域使用分类

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**海岸侵蚀灾害** coastal erosion

由自然因素、人为因素引起的岸线位置后退或滩面下蚀的地质灾害现象。

### 3.2

**侵蚀速率** erosion rate

单位时间内海岸线后退或者滩面下蚀变化量。

### 3.3

**海岸侵蚀灾害危险性** hazard of coastal erosion disaster

海岸侵蚀灾害对沿海地区造成的潜在危险。

### 3.4

**海岸侵蚀灾害脆弱性** vulnerability of coastal erosion disaster

承灾体受海岸侵蚀灾害影响的脆弱程度。

### 3.5

**海岸侵蚀灾害风险评估** risk assessment of coastal erosion disaster

综合考虑海岸侵蚀灾害危险性、承灾体脆弱性，对海岸侵蚀灾害风险进行评价估算的过程。

## 4 评估原则

### 4.1 综合性

综合考虑海岸侵蚀灾害的演变过程、孕灾环境、成灾机制以及防灾减灾能力、社会经济状况、行政区划等，开展海岸侵蚀灾害风险评估。

### 4.2 可靠性

对资料来源、数据精度及数据质量等有明确的描述，对不同来源的资料进行标准化处理，并采用权威部门发布的资料；对所采用的技术方法进行足够的验证，保证精度满足评估的要求。

### 4.3 系统性

基于海岸侵蚀致灾机理，综合考虑致灾因子危险性、承灾体分类分布及脆弱性，系统分析海岸侵蚀风险。

## 5 评估范围及评估单元

### 5.1 评估范围

5.1.1 海岸侵蚀灾害的评估范围为海岸线向海侧及向陆侧一定宽度的范围。向海侧评估范围为海岸线至闭合水深之间的区域，向陆侧评估范围为海岸线向陆 1km 范围。海岸线位置界定方法详见附录 A。

5.1.2 若预测年限内岸线后退范围大于 1km，应根据预测年限内岸线后退范围适度调整向陆侧评估范围。

### 5.2 评估单元

评估范围内的岸段按照以下原则划分评估单元：

- a) 具有相同的海岸线类型；
- b) 具有相同的岸线稳定性；
- c) 在同一乡镇级行政区内；
- d) 一个评估单元的长度不宜超过 5km。

## 6 评估流程

### 6.1 资料收集与现场监测

收集和整理评估区域海岸特征、海岸动力条件、社会经济等相关资料，必要时开展补充监测，保证数据的现势性。

### 6.2 危险性评估

根据评估区域海岸侵蚀灾害特点，确定致灾因子，评估海岸侵蚀灾害危险性。

### 6.3 脆弱性评估

根据评估区域的社会经济状况及承灾体重要性，评估海岸侵蚀灾害脆弱性。

### 6.4 风险评估

依据危险性和脆弱性评估结果，对海岸侵蚀灾害的影响程度进行风险评估。

### 6.5 合理性检查

根据影响海岸侵蚀的主控因子和评估范围内的地质条件，修正评估结果。

### 6.6 成果制图与报告编制

根据风险分析结果制作成果图件，编制海岸侵蚀灾害风险评估报告。

## 7 资料收集与现场监测

### 7.1 资料收集

收集和整理相关数据和信息，具体包括：

- a) 现状及历史海岸线位置、类型数据，比例尺不低于 1: 10000；

- b) 多源遥感数据, 以及数据获取的时间、坐标、空间分辨率、光谱波段、空间范围等, 数据执行 GB/T 28923.2 的相关规定;
- c) 现状及历史水深地形数据 (理论深度基准 0m 以浅), 比例尺不低于 1:10000, 数据执行 GB/T 17501 的相关规定;
- d) 海岸地貌、构造、岩性、底质沉积物组成和分布、岸滩实测剖面、地质钻孔资料、浅地层记录等数据资料;
- e) 海洋站的波浪、潮汐、海流、海平面和海水含沙量等数据资料;
- f) 土地利用资料, 所收集土地利用数据分类按照 GB/T 21010 的规定执行;
- g) 海域使用资料, 所收集海域使用数据分类按照 HY/T 123 的规定执行。

## 7.2 现场监测

现状海岸线或水下地形资料不能满足近3年现势性要求的, 应开展现场监测, 监测要求按照GB/T 42435的规定执行。

## 8 危险性评估

### 8.1 海岸侵蚀速率计算

- 8.1.1 海岸侵蚀速率包括单位时间内评估单元的岸线后退速率和岸滩下蚀速率。
- 8.1.2 宜选用最近 10 年的岸线分布数据和岸滩地形数据计算海岸侵蚀速率。
- 8.1.3 在评估单元内, 根据评估单元长度设定典型断面计算海岸侵蚀速率。典型断面一般不少于 5 个, 尽量均匀分布于整个评估单元, 并保证评估单元起点、终点、岸线明显拐点、岸滩最低点设置计算断面。
- 8.1.4 岸线后退速率采用端点法、线性回归法、折减法计算, 计算方法详见附录 B 中的 B.1。
- 8.1.5 岸滩下蚀速率采用端点法计算, 计算方法详见附录 B 中的 B.2。

### 8.2 不同预测年限内可能最大海岸侵蚀影响范围

- 8.2.1 可能最大海岸侵蚀影响范围包括不同预测年限内可能最大岸线后退范围和可能最大岸滩下蚀深度。宜根据评估需要自行设定预测年限, 一般取 10a、50a 和 100a。
- 8.2.2 可能最大岸线后退范围是在确定评估单元最大岸线后退速率的条件下, 预测岸线后退的可能影响范围, 预测方法详见附录 C 中的 C.1。
- 8.2.3 可能最大岸滩下蚀深度是在确定评估单元最大岸滩下蚀速率的条件下, 预测岸滩下蚀的可能影响范围, 预测方法详见附录 C 中的 C.2。
- 8.2.4 因人类活动导致评估单元岸线后退侵蚀变化较大, 采用数值计算法预测岸线后退范围, 具体方法详见附录 D 中的 D.1。
- 8.2.5 因人类活动导致评估单元岸滩下蚀变化较大, 或无历史岸滩地形数据资料的, 采用数值计算法预测岸滩下蚀深度, 具体方法详见附录 D 中的 D.2。

### 8.3 危险性等级确定

危险性等级分为 I、II、III、IV 四级和无危险性。依据 8.2 预测结果, 采用预测年限内最大岸线后退范围和最大岸滩下蚀深度作为评价指标进行评估范围内危险性等级划分, 划分方法见表 1。

表1 危险性等级划分标准

危险性等级	最大岸线后退范围 $R$ (m)	最大岸滩下蚀深度 $S$ (cm)
I	砂砾质岸线 $R \geq 3n$ 或淤泥质岸线 $R \geq 15n$	$S \geq 15n$
II	砂砾质岸线 $2n \leq R < 3n$ 或淤泥质岸线 $10n \leq R < 15n$	$10n \leq S < 15n$
III	砂砾质岸线 $n \leq R < 2n$ 或淤泥质岸线 $5n \leq R < 10n$	$5n \leq S < 10n$
IV	砂砾质岸线 $0.5n \leq R < n$ 或淤泥质岸线 $n \leq R < 5n$	$n \leq S < 5n$
无危险性	砂砾质岸线 $R < 0.5n$ 或淤泥质岸线 $R < n$	$S < n$

注:  $n$ 为预测年限, 单位为年 (a)。

## 9 脆弱性评估

9.1 海岸侵蚀脆弱性评估包括海岸线向陆侧脆弱性评估和向海侧脆弱性评估。脆弱性等级分为 I、II、III、IV 四级。

9.2 向陆侧脆弱性评估以土地利用二级类区块单元作为评估空间单元，根据附录 E 的表 E.1 确定二级类空间单元的脆弱性等级。若评估单元内有重要的承灾体，根据附录 E 的表 E.2 调整评估单元脆弱性等级。

9.3 向海侧脆弱性评估以海域使用二级类区块单元作为评估空间单元，根据附录 E 的表 E.3 确定二级类空间单元的脆弱性等级。

## 10 风险评估

风险等级分为 I、II、III、IV 四级和无风险。根据计算获得的不同预测年限内各评估单元危险性等级和脆弱性等级，依据表 2 确定不同预测年限内评估单元风险等级。

表 2 海岸侵蚀灾害风险等级与危险性、脆弱性等级对应关系表

脆弱性等级 危险性等级	低 (IV 级)	较低 (III 级)	较高 (II 级)	高 (I 级)
无危险性	无风险	无风险	无风险	无风险
低 (IV 级)	低风险 (IV 级)	低风险 (IV 级)	较低风险 (III 级)	较低风险 (III 级)
较低 (III 级)	低风险 (IV 级)	较低风险 (III 级)	较高风险 (II 级)	较高风险 (II 级)
较高 (II 级)	较低风险 (III 级)	较高风险 (II 级)	较高风险 (II 级)	高风险 (I 级)
高 (I 级)	较低风险 (III 级)	较高风险 (II 级)	高风险 (I 级)	高风险 (I 级)

## 11 合理性检查

完成海岸侵蚀风险评估后，根据河流入海泥沙减少、近海采砂、海岸工程建设、围填海工程建设、相对海平面上升、海岸带生态系统破坏等影响海岸侵蚀的主控因子，以及岸线后退影响范围内的地质条件，复核评估成果的合理性，修正评估结果。必要时，宜采用岸滩演变分析、数值模型模拟等进行合理性检查。

## 12 成果制图与报告编制

### 12.1 成果制图

#### 12.1.1 制图内容

成果制图包括以下内容：

- 危险性评估图；
- 脆弱性评估图；
- 风险评估图。

#### 12.1.2 制图要求

成果制图包括以下要求：

- 图廓边长度误差小于等于图上  $\pm 0.1\text{mm}$ ，对角线、方格公里网线长度误差小于等于图上  $\pm 0.3\text{mm}$ ，格网交点的直角坐标位移小于等于图上  $\pm 0.6\text{mm}$ ；
- 投影采用高斯-克吕格  $3^\circ$  带投影；
- 图幅分幅采用自由分幅；
- 图示、图例执行 GB/T 20257.1、GB/T 20257.2 的相关规定。海岸侵蚀强度和风险等级分布图的图例图式应满足附录 F 的要求；

e) 图件比例尺不小于 1:10000。

## 12.2 报告编制

应编制海岸侵蚀灾害风险评估报告，内容和格式应满足附录G的要求。

## 13 成果管理

### 13.1 审查与验收

海岸侵蚀灾害风险评估成果应通过专家组的技术审查和验收，专家组应由相关领域技术专家和涉灾部门管理人员组成。

### 13.2 成果汇总与管理

海岸侵蚀灾害风险评估工作通过技术审查和验收后，全过程中的原始资料、分析结果、技术报告与风险图等成果资料进行汇总整编，并按照HY/T 058的归档。

### 13.3 更新

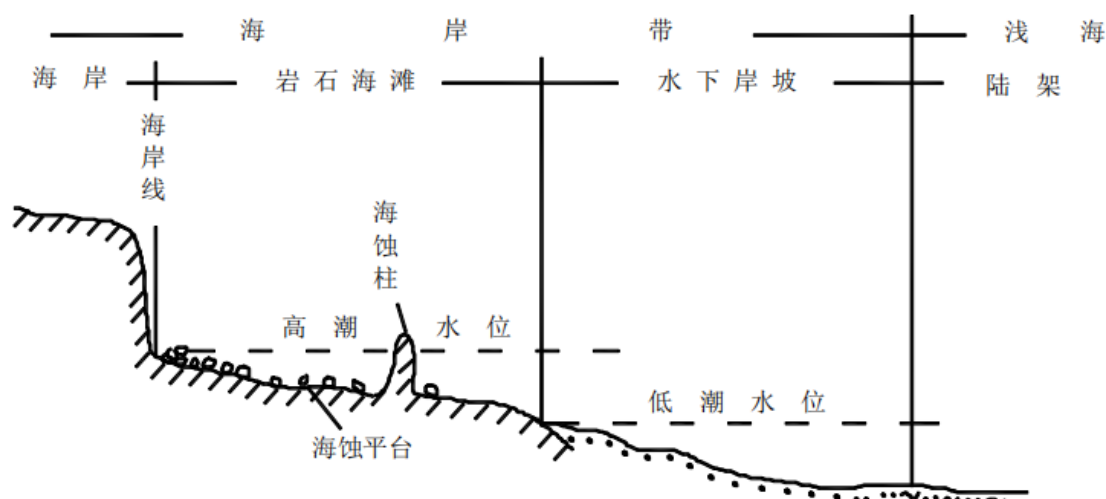
海岸侵蚀灾害风险评估成果应根据自然环境变化、社会经济发展、关键技术创新等因素适时进行更新，更新周期一般不超过5年；当评估区域内环境或经济发生重大变化应及时重新评估。

## 附录 A (规范性) 海岸线位置界定方法

### A.1 自然岸线界定

#### A.1.1 基岩岸线界定

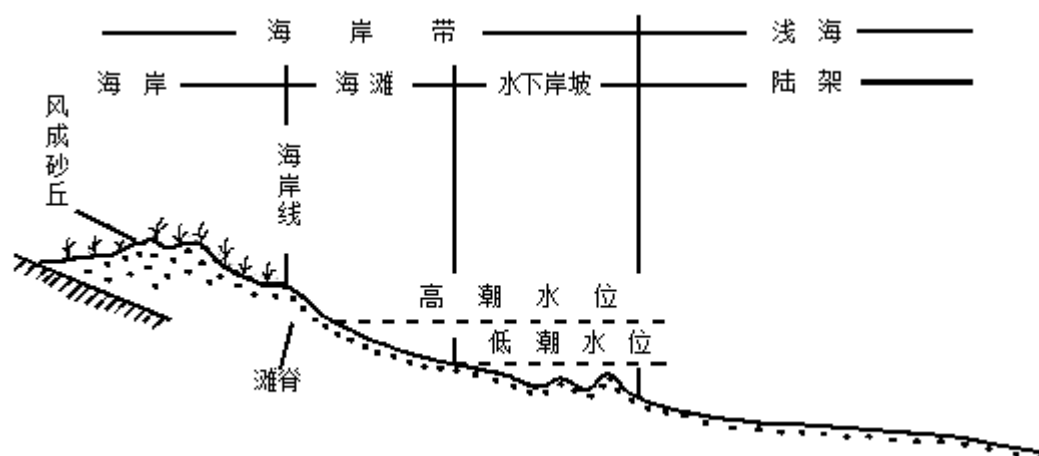
基岩海岸的海岸线位置界定在陡崖基部的大潮平均高潮位时的痕迹线（参考图A.1）。



图A.1 基岩岸线位置界定方法示意图

#### A.1.2 砂砾质岸线界定

在砂砾质海岸的海滩上部堆成的一条与岸平行的滩脊。海岸线一般确定在滩脊的顶部向海一侧（参考图A.2）。在滩脊不发育或缺失的砂砾质海岸，海岸线一般确定在砂生植被生长明显变化线的向海一侧。

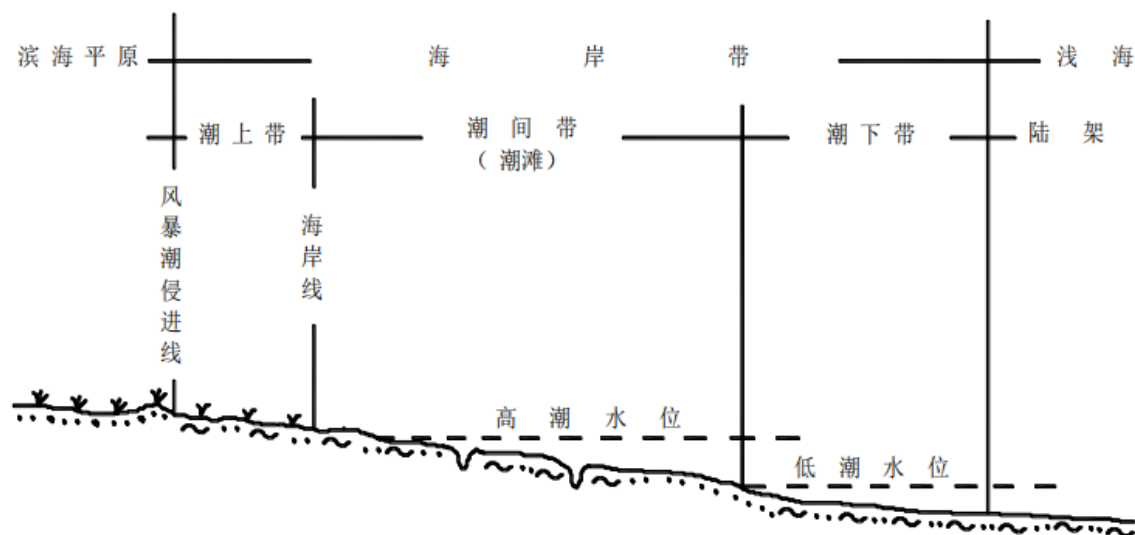


图A.2 砂砾质岸线位置界定方法示意图

#### A.1.3 淤泥质岸线界定



淤泥质海岸为潮汐作用塑造的低平海岸，潮间带宽而平缓。海岸线应根据海岸植被生长变化状况、大潮平均高潮位时的海水痕迹线以及植物碎屑、贝壳碎片、杂物垃圾分布的痕迹线等综合分析界定（参考图A.3）。



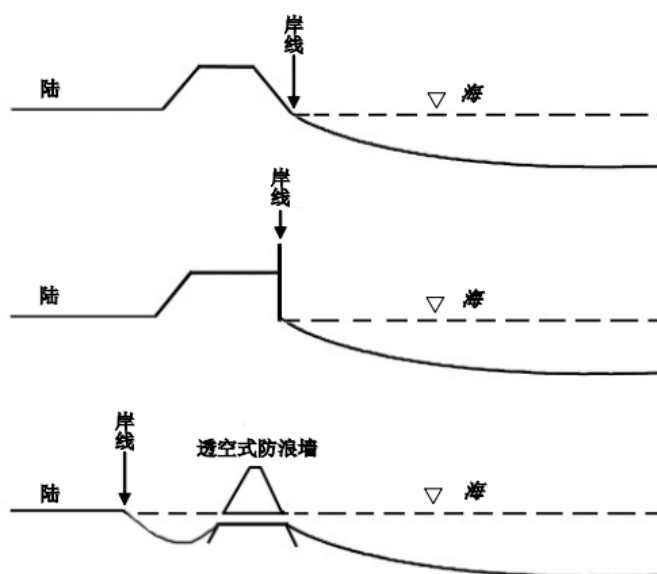
图A.3 淤泥质岸线位置界定方法示意图

#### A.1.4 生物岸线界定

生物岸线主要包括红树林岸线、珊瑚礁岸线和海草床岸线。海岸线毗邻或穿越珊瑚礁、红树林和海草床的，应界定为生物岸线。红树林和海草床岸线界定方法参照砂砾质岸线或淤泥质岸线，珊瑚礁岸线界定方法参照砂砾质岸线或基岩岸线。

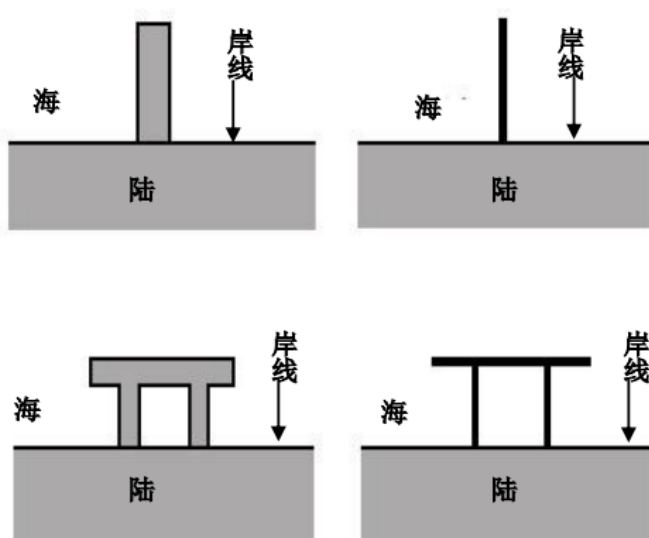
#### A.2 人工岸线界定

A.2.1 如果人工构筑物向陆一侧不存在平均大潮高潮时海水能达到海域的，以永久性人工构筑物向海侧的平均大潮时水陆分界的痕迹线作为人工岸线；人工构筑物向陆一侧存在平均大潮高潮时海水能达到海域的，则以人工构筑物向陆侧的平均大潮高潮时水陆分界的痕迹线达到的位置作为海岸线（参考图A.4）。



图A.4 人工构筑物的海岸线界定方法示意图

A. 2. 2 对于与海岸线垂直或斜交的海岸工程（包括引堤、突堤式码头、栈桥式码头等），海岸线界定在陆域海岸线位置处（参考图A. 5）。



图A. 5 突堤、突堤式码头的海岸线界定方法示意图

A. 2. 3 对于尚未完工的围填海工程，按工程前的海岸线类型和位置进行界定。对已完工的围填海工程（指岸线形态不再改变），则按照新形成的有效岸线进行类型和位置的界定。

## 附录 B

(资料性)

## 岸线后退速率和岸滩下蚀速率计算方法

## B.1 岸线后退速率

## B.1.1 端点法

端点法用2个岸线位置数据来计算岸线后退速率，按公式B.1计算：

$$r = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

- $r$ ——岸线后退速率，单位为米/年（m/a）；
- $d_1$ —— $t_1$ 时的岸线位置，单位为米（m）；
- $d_2$ —— $t_2$ 时的岸线位置，单位为米（m）；
- $t_1$ ——海岸线位置计算开始时间，单位为年（a）；
- $t_2$ ——海岸线位置计算终止时间，单位为年（a）。

## B.1.2 线性回归法

线性回归法是根据最小二乘法求得一条对应所有数据的一元最佳趋势线，该线的斜率即为岸线后退速率 $r$ ，按公式B.2计算：

$$\Delta y = a_0 + r \Delta t \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

- $\Delta y$ ——相邻2次海岸线后退距离，单位为米（m）；
- $a_0$ ——线性回归的截距，单位为米（m）；
- $r$ ——岸线后退速率，单位为米/年（m/a）；
- $\Delta t$ ——相邻两次海岸线监测时间间隔。

## B.1.3 折减法

折减法在每次应用线性回归法时都略去其中的一个数据，然后再对根据这种方法得到的所有岸线后退速率 $r$ 值进行平均，得到岸线后退速率 $r'$ ，按公式B.3计算：

$$r' = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N r_i \dots\dots\dots (B.3)$$

式中：

- $r'$ ——岸线后退速率，单位为米/年（m/a）；
- $N = n - 1$ ；
- $n$ ——数据总数；
- $r_i$ ——略去第 $i$ 个数据后的一元趋势线斜率。

## B.2 岸滩下蚀速率

用同一站位不同时间2个地形高程位置数据来计算岸滩下蚀速率，按公式B.4计算：

$$s = \frac{h_2 - h_1}{t_2 - t_1} \dots\dots\dots (B.4)$$

式中：

- $s$ ——岸滩下蚀速率，单位为厘米/年（cm/a）；
- $h_1$ —— $t_1$ 时的地形高程，单位为米（m）；
- $h_2$ —— $t_2$ 时的地形高程，单位为米（m）；
- $t_1$ ——地形高程计算开始时间，单位为年（a）；
- $t_2$ ——地形高程计算终止时间，单位为年（a）。

## 附录 C

(资料性)

## 可能最大海岸侵蚀影响范围预测方法

## C.1 可能最大岸线后退范围预测

基于8.1确定的各典型断面最大岸线后退速率 $r_{im}$ ，确定一定的岸线后退预测时段 $n$ ，获得 $n$ 年后可能最大岸线后退范围 $R_i$ ，按公式C.1计算：

$$R_i = r_{im} \times n \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

$R_i$ ——第 $i$ 典型断面的可能最大岸线后退范围，单位为米（m）；

$r_{im}$ ——第 $i$ 典型断面的最大岸线后退速率，单位为米/年（m/a）；

$n$ ——预测年限，单位为年（a）；

$i$ ——典型断面编号。

根据预测的每个典型断面可能最大岸线后退范围，形成预测海岸线。

## C.2 可能最大岸滩下蚀深度预测

基于8.1确定的各典型断面最大岸滩下蚀速率 $s_{jm}$ ，确定一定的海岸下蚀预测时段 $n$ ，获得 $n$ 年后可能最大岸线后退范围 $S_j$ ，按公式C.2计算：

$$S_j = s_{jm} \times n \dots\dots\dots (C.2)$$

式中：

$S_j$ ——第 $j$ 典型断面的可能最大岸滩下蚀范围，单位为厘米/年（cm/a）；

$s_{jm}$ ——第 $j$ 典型断面的最大岸滩下蚀速率，单位为厘米/年（cm/a）；

$n$ ——预测年限，单位为年（a）；

$j$ ——典型断面编号。

根据预测的每个典型断面可能最大岸滩下蚀范围，形成预测岸滩地形。

## 附录 D

(资料性)

## 岸线分布和岸滩地形数值预测方法

## D.1 岸线变迁预测模型

## D.1.1 淤泥质岸线模型

## D.1.1.1 速率预测法

基于不同时期的历史海岸线数据,建立海岸线变化分析剖面线,利用海岸线变化速率计算方法计算每个剖面线的变化速率,根据变化速率计算方法的不同,确定一定的海岸线预测时段,获取每个剖面线的海岸线预测值,形成预测海岸线。速率预测模型表达式为:

$$L_i = R_i \times T \dots\dots\dots (D.1)$$

式中:

$L_i$ ——第*i*剖面的海岸线预测值;

$R_i$ ——第*i*剖面的历史海岸线变化速率值,计算方法有端点法、平均速率法、线性回归法、折减法  
等;

$T$ ——预测时段;

$i$ ——剖面编号。

## D.1.1.2 灰色预测模型法

海岸线的灰色预测法,根据少量的历史海岸线数据,便可以预测海岸线定量变化趋势。对历史海岸线数据建立变化分析剖面线,获取每个剖面线的历史海岸线数据序列,将该数据序列作为原始序列,根据灰色模型方法求得每个剖面线的海岸线变化灰色预测模型,从而结合预测时段计算每个剖面线的海岸线预测值,形成预测海岸线。灰色预测模型数学表达式为:

$$x^{(0)}(k) + ax^{(1)}(k) = b \dots\dots\dots (D.2)$$

式中:

$x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n))$ 为原始序列;

$x^{(1)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n))$ 为发展序列;

$a$ ——发展系数;

$b$ ——灰色作用量。

灰色预测模型的白化模型数学表达式为:

$$x^{(1)}(k+1) = \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}\right) e^{-ak} + \frac{b}{a} \dots\dots\dots (D.3)$$

$$x^{(0)}(k+1) = x^{(1)}(k+1) - x^{(1)}(k) \dots\dots\dots (D.4)$$

式中:

$x^{(1)}$ ——模拟累加值;

$x^{(0)}$ ——预测值。

## D.1.2 砂砾质岸线模型

## D.1.2.1 一线模型

对于水下地形平坦、岸线平直海岸可以采用一线模型。一线模型假定岸滩在演变过程中,剖面形状保持不变,在整个计算剖面内,滩面坡度也不变,岸滩演变仅表现为岸线前进与后退。泥沙只有沿岸输沙,不考虑垂直岸线方向的横向输沙。沿岸输沙率公式主要分为流速法和波能流法,推荐采用波能流法,公式为:

$$q = 0.64 \times 10^{-2} K' \delta_0 H_b^2 C_b n_b \sin 2\alpha_b \dots\dots\dots (D.5)$$

式中：

$$K' = \left( 3500 \frac{D_{50}}{D_{50}^2 + 2} \right)^{(11-100\delta_0)/10};$$

$$\delta_0 = \frac{H_0}{L_0};$$

$$H_b = K_r K_s H_0;$$

$$C_b = \frac{L_b}{T};$$

$$n_b = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{\frac{4\pi d_b}{L_b}}{\operatorname{sh} \frac{4\pi d_b}{L_b}} \right);$$

$q$ ——沿岸输沙率；

$\delta_0$ ——深水波陡；

$H_b$ ——破碎波高；

$C_b$ ——破碎波速；

$\alpha_b$ ——波浪破碎时波峰线与等深线间的夹角（°）；

$D_{50}$ ——泥沙中值粒径；

$H_0$ ——深水波高，采用均方根波高，可取平均波高的1.13倍；

$L_0$ ——深水波长；

$K_r$ ——折射系数；

$K_s$ ——浅水系数；

$L_b$ ——破碎波长；

$T$ ——周期，采用平均周期；

$d_b$ ——破碎水深。

#### D.1.2.2 其他模型

砂质岸线长周期演变模拟时，也可以采用基于一线模式的GENESIS模型、LITPACK模型、UNIBEST-LT模型等。

### D.2 岸滩地形演变模型

淤积质海岸和砂质海岸的泥沙运动和地形演变模拟可以采用包含潮流、波浪、泥沙、海床冲淤模块的水沙模型进行计算，目前主要有Mike21、Delft3D、FVCOM、ADCIRC、SWAN、XBeach等数学模型。

#### D.2.1 潮流模型

岸滩地貌、水下地形与流场的分布和变化是互相影响的，而潮流是泥沙运动的载体，是造成泥沙输运，导致海床冲淤变化，从而对地貌形态进行再塑造的最根本原因。因此，需要建立潮流模型，模拟和预测海岸岸滩的地形地貌演变。

连续方程：

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}}{\partial y} = hS \dots\dots\dots (D.6)$$

动量方程：

$$\frac{\partial h\bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial y} = f\bar{v}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\tau_{sx}}{\rho_0} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0} \left( \frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xy}) + hu_s S \dots (D.7)$$

$$\frac{\partial h\bar{v}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}^2}{\partial y} = -f\bar{u}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial y} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial y} + \frac{\tau_{sy}}{\rho_0} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0} \left( \frac{\partial s_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{yy}) + hv_s S (D.8)$$

式中：

$t$ ——时间；

$x$ 、 $y$ ——Cartesian平面坐标；

$\eta$ ——潮面高程；

$d$ ——静水深度；

$h$ ——总水深， $h = \eta + d$ ；

$\bar{u}$ 、 $\bar{v}$ —— $x$ 、 $y$ 方向平均流速的分量；

- $s$ ——源汇项排放量；  
 $u_s$ 、 $v_s$ ——源项排水量的 $x$ 、 $y$ 向速度分量；  
 $f$ ——科氏力系数（ $f = 2\Omega \sin \varphi$ ， $\varphi$ 为纬度， $\Omega$ 为地球自转速度）；  
 $g$ ——重力加速度；  
 $\rho$ ——海水密度；  
 $\rho_0$ ——基准水密度；  
 $s_{xx}$ 、 $s_{xy}$ 、 $s_{yx}$ 、 $s_{yy}$ ——辐射应力张量分量；  
 $T_{ij}$ ——水质点侧向应力。

#### D. 2.2 波浪模型

对于海岸岸滩区域，近岸波浪及其破碎过程产生的辐射应力、波生流等物理过程提供着泥沙启动的动力，并间接影响地形地貌的变化，因此需要建立近岸波浪模型，模拟岸滩区域的波浪特征。

SWAN模式能够描述在浅水区特定的风、流和水下地形条件下的波浪场的演化。控制方程如下：

$$\frac{\partial}{\partial t} N + \frac{\partial}{\partial x} C_x N + \frac{\partial}{\partial y} C_y N + \frac{\partial}{\partial \sigma} C_\sigma N + \frac{\partial}{\partial \theta} C_\theta N = \frac{S}{\sigma} \dots \dots \dots (D. 9)$$

式中：

- $N$ ——波作用量；  
 $\sigma$ ——波的相对频率；  
 $\theta$ ——波向；  
 $S$ ——源汇项。

式中左端第一项为波作用量的局地变化；第二、三项为波作用量在地理空间上的传播，其中 $C_x$ 和 $C_y$ 分别为波作用量在 $x$ 和 $y$ 方向上的传播速度；第四项为由于水深和水流变化造成的相对频率变化，其中 $C_\sigma$ 为波作用量在频率空间中的传播速度；第五项为水深和流产生的波浪折射，其中 $C_\theta$ 为波作用量在波向空间中的传播速度。波作用量方程的离散基于迪卡尔坐标下的隐式差分，对于波的传播和源项采用固定的时间步长。

#### D. 2.3 输沙模型

近岸潮流和波浪对泥沙产生影响，使得悬沙与底沙发生交换，悬沙与底沙的交换则会导致底床高程的变化，而底床高程的变化反过来又会影响潮流和波浪。因此，需要在潮流和波浪模型基础上建立输沙模型，研究海岸岸滩区域的泥沙输移特征。

垂线平均的二维不平衡输沙方程：

$$\frac{\partial HS}{\partial t} + \frac{\partial HuS}{\partial x} + \frac{\partial HvS}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left( D_x \frac{\partial S}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( D_y \frac{\partial S}{\partial y} \right) - \omega(T_1 S - T_2 S_*) \dots \dots \dots (D. 10)$$

式中：

- $H$ ——水深；  
 $\omega$ ——泥沙沉速；  
 $S$ ——垂线平均含沙量；  
 $S_*$ ——水流的挟沙能力；  
 $T_1$ ——底部和垂线平均含沙量比值；  
 $T_2$ ——底部和垂线平均挟沙能力比值。

#### D. 2.4 海床演变模型

在潮流、波浪和输沙模型建立后，综合考虑水、沙动力要素的影响，开展海床演变模型的建立和预测。海床演变公式为：

$$\frac{\partial \eta_b}{\partial t} + \frac{F_s}{\gamma_s} \dots \dots \dots (D. 11)$$

式中：

- $\eta_b$ ——海床床面的竖向位移；  
 $\gamma_s$ ——底部淤积泥沙的干容重。

附 录 E  
(规范性)  
脆弱性等级计算方法

E.1 土地利用、重要承灾体与脆弱性关系表

表E.1给出了土地利用现状二级类与脆弱性等级范围的对应关系，表E.2给出了重要承灾体脆弱性等级。

表E.1 土地利用现状分类与脆弱性等级范围对应关系

编码	名称	脆弱性范围	脆弱性等级
011	水田	0.1	IV
012	水浇地	0.2	IV
013	旱地	0.2	IV
021	果园	0.3	IV
022	茶园	0.2	IV
023	其他园地	0.1	IV
031	有林地	0.1	IV
032	灌木林地	0.1	IV
033	其他林地	0.1	IV
041	天然牧草地	0.1	IV
042	人工牧草地	0.1	IV
043	其他草地	0.1	IV
051	批发零售用地	0.6~1	II~I
052	住宿餐饮用地	0.9~1	I
053	商务金融用地	0.8	II
054	其他商服用地	0.6~1	II~I
061	工业用地	0.6~1	II~I
062	采矿用地	0.6~0.9	II~I
063	仓储用地	0.6~0.9	II~I
071	城镇住宅用地	1	I
072	农村宅基地	1	I
081	机关团体用地	1	I
082	新闻出版用地	0.8	II
083	科教用地	1	I
084	医卫慈善用地	1	I
085	文体娱乐用地	0.6	II
086	公共设施用地	0.7~0.9	II~I
087	公园与绿地	0.4	III
088	风景名胜设施用地	0.5	III
091	军事设施用地	--	--
092	使领馆用地	1	I
093	监教场所用地	1	I
094	宗教用地	1	I
095	殡葬用地	0.5	III
101	铁路用地	0.6~0.9	II~I
102	公路用地	0.6~0.8	II
103	街巷用地	0.7~1	II~I
104	农村道路	0.6	II
105	机场用地	0.8~1	II~I
106	港口码头用地	0.6~1	II~I
107	管道运输用地	0.6~1	II~I



编码	名称	脆弱性范围	脆弱性等级
111	河流水面	0.1	IV
112	湖泊水面	0.1	IV
113	水库水面	0.2	IV
114	坑塘水面	0.3	IV
115	沿海滩涂 (注: 不包括滩涂农用地)	0.1	IV
116	内陆滩涂	0.1	IV
117	沟渠	0.1	IV
118	水工建筑用地	0.5~0.8	III~II
119	冰川及永久积雪	0.1	IV
121	空闲地	0.1	IV
122	设施农用地 (注: 包括滩涂农用地)	0.2~0.5	IV~III
123	田坎	0.1	IV
124	盐碱地	0.1	IV
125	沼泽地	0.1	IV
126	沙地	0.1	IV
127	裸地	0.1	IV

表E.2 重要承灾体脆弱性等级参考表

土地利用现状		重要承灾体示例		承灾体脆弱性范围				
编码	二级类	名称	指标、单位	0.6	0.7	0.8	0.9	1
051	批发零售用地	批发零售用地	类别	--	--	车间仓库	加油站等	各类市场
052	住宿餐饮用地	住宿餐饮用地	人口密度	--	--	--	普通区	高密度区
054	其他商服用地	其他商服用地	人口密度	--	--	低密区	普通区	高密度区
061	工业用地	核电厂	--	--	--	--	--	所有
		石油化工	规模	--	小型	中型	大型	特大型
		火电厂	规模 (10000kW)	--	小、中型 (25, 120]	大型 (120, 300]	特大型 ≥300	--
		其他工矿企业	规模	小、中型	大型	特大型	--	--
062	采矿用地	工矿企业规模	规模	小型	中型	大型	特大型	--
063	仓储用地	仓储用地	规模等	小型	中型	大型	危化品仓库	--
086	公共设施用地	输配电设施	电压(kV)	≤35	35~110	110~500	≥500	--
		通信设施	类型	--	地县间	省际、省间	国际、重要省际	--
101	铁路用地	铁路	等级	IV级	III级	II级	I级	--
102	公路用地	公路	等级	三、四级	一、二级	高速	--	--
103	街巷用地	街巷用地	--	村内用道	镇内用道	停车场	--	--
105	机场用地	民用机场	等级	--	--	国内一般	国内重要	国际
106	港口码头用地	江河港口	--	--	一般城市港区	中等城市港区	重要城市港区	--
		海港	--	--	一般港区	中等港区	重要港区	--
		货港	年吞吐能力 (千万吨)	<10	(10, 20]	(20, 30]	≥30	--
		货港	年集装箱吞吐量 (千万吨)	<1	(1, 5]	(5, 15]	≥15	--
		渔港	--	三级渔港	三级渔港	一级渔港	中心渔港	--
107	管道运输用地	油气管道	规模	--	小型	中型	大型	特大型

## E.2 海域使用与脆弱性关系表

表E.3给出了海域使用二级类与脆弱性等级范围的对应关系。

表E.3 海域使用现状分类与脆弱性等级范围对应关系

编码	名称	脆弱性范围	脆弱性等级
11	渔业基础设施用海	0.4	III
12	围海养殖用海	0.2	IV
13	开放式养殖用海	0.2	IV
14	人工鱼礁用海	0.1	IV
21	盐业用海	0.1	IV
22	固体矿产开采用海	0.3	III
23	油气开采用海	0.7	II
24	船舶工业用海	0.8	II
25	电力工业用海	0.9	I
26	海水综合利用用海	0.8	II
27	其它工业用海	0.6~1	II~I
31	港口用海	0.4	III
32	航道用海	0.4	III
33	锚地用海	0.4	III
34	路桥用海	0.6~0.9	II~I
41	旅游基础设施用海	0.4	III
42	浴场用海	0.6	II
43	游乐场用海	0.8	II
51	电缆管道用海	0.8	II
52	海底隧道用海	0.8~1	II~I
53	海底场馆用海	0.8	II
61	污水达标排放用海	0.5	II
62	倾倒区用海	0.4	III
71	城镇建设填海造地用海	0.6	II
72	农业填海造地用海	0.3	III
73	废弃物处置填海造地用海	0.3	II
81	科研教学用海	0.8	II
82	军事用海	1	I
83	海洋保护区用海	1	I
84	海岸防护工程用海	0.6	II
91	其它用海	0.1~0.9	IV~I
	未利用海	0.1	IV




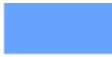
## 附录 F

(规范性)

## 海岸侵蚀灾害图件绘制要求

表F.1规定了海岸侵蚀灾害危险性、脆弱性和风险等级图例图式。

表F.1 危险性、脆弱性和风险等级图例设计表

海洋灾害要素	等级	颜色	色值 (CMYK)
危险性/脆弱性/风险	I (高)		M100 Y100 透明度30%
	II (较高)		M51 Y100 透明度30%
	III (较低)		M2 Y100 透明度30%
	IV (低)		C100 M60 透明度30%

**附录 G**  
**(规范性)**  
**海岸侵蚀灾害风险评估报告格式要求**

### G.1 封面

封面书写内容包括：

- 报告名称；
- 委托单位名称；
- 承担单位名称（盖章）；
- 报告编制日期。

### G.2 封二

封二应书写内容包括：

- 承担单位负责人；
- 任务负责人；
- 技术负责人；
- 报告编写人员；
- 主要参与人员；
- 审核人员。

### G.3 目录

报告应有目录页，置于前言之前。

### G.4 前言

前言包括工作来源、工作背景、工作内容和主要成果等。

### G.5 正文

技术报告正文编写内容大纲如下：

- 第1章“研究区域概况”，内容包括自然环境概述、区域社会经济概况及发展规划、历史灾害概况等；
- 第2章“区域历史灾情及灾害防御现状”，内容包括自然因子、工程性和非工程性防御措施、基础地理、历史灾害资料、灾害承灾体等资料的收集整理情况统计描述；
- 第3章“海岸侵蚀灾害危险性评估分析”，内容包括海岸线、海滩、灾害等资料的统计分析，以及危险性评估中指标选取和分析评估；
- 第4章“海岸侵蚀脆弱性评估分析”，内容包括研究区域脆弱性评估方法及评估结果；
- 第5章“海岸侵蚀灾害风险评估”，内容包括研究区域风险评估方法及结果；
- 第6章“对策与建议”，内容包括根据研究区域海岸侵蚀灾害风险评估不同等级结果，以及基于研究区域目前防灾减灾现状，以减轻灾害风险为目的，提出有针对性的对策建议。

### G.6 封底

印刷版报告宜有封底。封底可放置任务承担单位的名称和地址或其他相关信息，也可为空白页。

### G.7 报告格式

报告文本外形尺寸为A4（210mm×297mm）。

## 参 考 文 献

- [1] GB/T 18190-2017 海洋学术语 海洋地质学.
- [2] 陈吉余, 夏东兴, 虞志英, 等著. 中国海岸侵蚀概要[M]. 北京: 海洋出版社, 2010.
- [3] 丰爱平, 夏东兴. 海岸侵蚀灾情分级[J]. 海岸工程, 2003, 22(2):60—66.
- [4] 吕京福, 印萍, 边淑华, 等. 海岸线变化速率计算方法及影响要素分析[J]. 海洋科学进展, 2003, 21(1):51—59.
- [5] 蔡锋, 苏贤泽, 刘建辉, 等. 全球气候变化背景下我国海岸侵蚀问题及防范对策[J]. 自然科学进展, 2008, 18(10):1093—1103.
- [6] 罗时龙. 海岸侵蚀风险评价模型构建及其应用研究[D]. 中国海洋大学, 2014. 137.
- [7] 李平, 丰爱平, 孙惠凤, 等. 海岸侵蚀灾害调查和评价研究进展与展望[J]. 自然灾害学报, 2021, 30(4):55—63.
- [8] 省级海岸带综合保护与利用规划编制指南(试行). 自然资源部, 2021.
-