|  |  |
| --- | --- |
| ICS |  |
| CCS | |  | | --- | |  |   点击此处添加CCS号 |

团体标准

T/PSC XXXX—XXXX

风暴潮灾害风险预警技术导则

Technical guideline for risk warning of storm surge disasters

XXXX - XX - XX发布

XXXX - XX - XX实施

中国太平洋学会  发布

目次

[前言 II](#_Toc84544198)

[引言 III](#_Toc84544199)

[1 范围 1](#_Toc84544200)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc84544201)

[3 术语和定义 1](#_Toc84544202)

[4 工作程序 2](#_Toc84544203)

[5 资料收集 2](#_Toc84544204)

[6 漫堤风险预警 3](#_Toc84544205)

[6.1 海堤波浪爬高计算 3](#_Toc84544206)

[6.2 漫堤风险等级划分 3](#_Toc84544207)

[7 淹没风险预警 3](#_Toc84544208)

[7.1 承灾体易损性评估 3](#_Toc84544209)

[7.2 承灾体重要程度评估 3](#_Toc84544210)

[7.3 应急能力评估 4](#_Toc84544211)

[7.4 危险性评估 4](#_Toc84544212)

[7.5 敏感时间分析 4](#_Toc84544213)

[7.6 网格风险计算 4](#_Toc84544214)

[7.7 风险等级划分 5](#_Toc84544215)

[8 成果制图 5](#_Toc84544216)

[9 简报编制 5](#_Toc84544217)

[附录A （资料性） 波浪爬高计算 6](#_Toc84544218)

[附录B （资料性） 风暴潮灾害主要承灾体易损性与重要程度等级 8](#_Toc84544219)

[附录C （资料性） 风暴潮灾害风险预警专题图 9](#_Toc84544220)

[附录D （资料性） 风暴潮灾害风险预警简报 10](#_Toc84544221)

[参考文献 12](#_Toc84544222)

1. 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。

本文件由清华大学提出。

本文件由中国太平洋学会归口。

本文件起草单位：清华大学、北京辰安科技股份有限公司、国家海洋信息中心、国家海洋局北海预报中心、自然资源部第二海洋研究所、武汉大学。

本文件主要起草人：栗健、刘海洋、张维、吴乐、黄全义、相文玺、杨秀中、宋占龙、孙丽娥、靳熙芳、梁建峰、向先全、刘金、姜晓轶、王迪峰、罗年学、赵前胜、林天埜、辛冰。

1. 引言

风暴潮是一种严重影响人民生命财产安全的海洋灾害。风暴潮灾害会引起沿海水位暴涨，海水倒灌，造成海岸区域被淹。风暴潮灾害风险预警服务于风暴潮灾害应对，在风暴潮灾害发生并造成影响之前，对可能发生漫堤的堤段，以及海水越过海堤发生漫滩淹没后对淹没区域可能造成影响的程度进行预警，为采取区域精细化风险防控措施提供参考。

风暴潮灾害风险预警方面，目前没有相关的国际标准可参考或引用，在国内海洋行业属首次制定。我国于2017年发布了《海洋预报和警报发布 第1部分：风暴潮警报发布》，为基于风暴潮水位和警戒潮位的危险性预警，但灾害应对还需要综合了致灾因子危险性、承灾体易损性与重要程度、次生衍生事件等因素的灾害风险信息。制定风暴潮灾害风险预警技术导则是对现有危险性预警的继承与发展。我国于2017年发布的《海洋标准体系》，分为21个领域方向，其中第7个方向为“海洋安全监管”，已发布和在编的标准仅有10余项，特别是在“安全风险预防与应急管理”方面仅有2项，严重不足，针对风暴潮灾害风险预警的规范标准仍处于空白。

为规范和统一全国沿海地区风暴潮灾害风险预警工作的技术方法和技术要求，将风暴潮灾害风险预警纳入科学化、标准化、制度化的轨道，保障沿海地区人民的生命财产安全，《风暴潮灾害风险预警技术导则》基于公共安全三角形理论与区域灾害系统理论，建立了包括漫堤、淹没风险预警的模型方法和产品，基于本标准形成的风险预警产品目前已在应急管理部、自然资源部等部委和地方政府得到了初步应用，促进了国家科技成果的应用，有利于产学研融合发展。

风暴潮灾害风险预警技术导则

* 1. 范围

本文件规定了发生风暴潮灾害时，面向当前灾害应急开展风险预警的工作程序、资料收集、漫堤风险预警、淹没风险预警、成果制图、简报编制等内容。

本文件适用于风暴潮灾害风险预警的技术性工作。

* 1. 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 50286—2013 [堤防工程设计规范](https://www.zhulouren.com/70884.html)

* 1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

风暴潮 storm surge

由热带气旋、温带天气系统、海上飑线等风暴过境所伴随的强风和气压骤变而引起的局部海面振荡或非周期性异常升高（降低）现象。

1. 风暴潮中局部海面振荡或非周期异常升高现象称为风暴增水，简称增水；风暴潮中局部海面振荡或非周期异常降低现象称为风暴减水，简称减水。

[来源：GB/T 19721.1—2017，3.1]

风暴潮灾害 disaster of storm surge

风暴潮、天文潮和海浪等因素项目叠加作用引起的沿岸涨水造成的灾害统称。

[来源：HY/T 0273—2019，3.4]

灾害风险预警 disaster risk warning

针对即将发生的灾害，综合灾害的致灾因子危险性、承灾体易损性与重要程度、区域应急能力等方面信息，评估灾害可能影响范围内的区域风险等级并进行预警。

波浪爬高 swash height

岸坡上被波浪浸没的最高点相对于平均海平面的高度。

[来源：GB∕T 15920—2010，2.4.55]

越浪 wave overtopping

波浪爬高超过堤顶使海水越过海堤的现象。

风暴潮漫堤 storm surge overtopping seawall

风暴潮和近岸浪爬坡造成海水冲过堤防从而导致海水倒灌的灾害现象。

有效波高 significant wave height

将某一时段连续测得的波高序列从大到小排列，取排序后前1/3个波高的平均值。

[来源：GB/T 19721.2—2017，3.4]

淹没水深 inundation depth

风暴潮发生漫堤漫滩造成陆地淹没时，淹没陆地的深度。

风暴潮灾害风险预警 risk warning of storm surge disasters

针对即将发生的风暴潮灾害，利用实时得到的观监测、预测预报信息，分别评估风暴潮漫堤和淹没风险等级分布，并基于漫堤和淹没风险等级分布结果发布风险预警。

* 1. 工作程序

风暴潮灾害风险预警工作程序见图1，其工作程序包括6部分：

1. 资料收集；
2. 风暴潮模拟；
3. 漫堤风险预警；
4. 淹没风险预警；
5. 成果制图；
6. 简报编制。



1. 风暴潮灾害事件风险预警工作程序
   1. 资料收集

收集和整理基础地理信息、沿海堤防、水文、气象、海底地形、沿海岸线、承灾体、减灾能力等相关资料，构建风暴潮灾害事件风险预警技术支撑数据集。

1. 基础地理信息资料：包括全国水系(入海河流到3级)、重要居民点(省会城市、直辖市及沿海重要城市)、境界(国界、省界)、岛屿和地貌等要素,基础地理数据比例尺不低于1∶1000000。
2. 沿海堤防数据：包括位置、堤防结构和材料、高程、实际防御标准、设计防御标准、保护对象等。
3. 水文资料：评估区域潮（水）位站历史风暴潮灾害过程潮位、海浪等观测资料，对于河口地区，应尽量收集代表性的水文站观测资料。
4. 气象资料：正在发生的热带气旋观测预报数据（包括时间、位置、中心气压、近中心最大风速、最大风速半径等），温带天气过程（气压场、风场等）等。
5. 海底地形资料：能反映现状的近岸海域海底地形或水深资料，满足风暴潮数值模式计算需求，重点区域空间分辨率不低于50 m。
6. 沿海岸线数据：能反映现状的最新沿海岸线分布数据，比例尺不低于1：50 000。
7. 承灾体数据：评估区域内的重要承灾体信息，包括堤防工程、沿岸重要基础设施、沿岸重点单位、沿岸社区人口与房屋等，数据仅在承灾体信息出现变更时进行更新。
8. 减灾能力数据：评估区域分市或市县（海南省）风暴潮灾害发生次数统计与人均GDP数据。
   1. 漫堤风险预警
      1. 海堤波浪爬高计算

漫堤风险预警需要确定评估区域内每条海堤发生漫堤的风险等级，漫堤风险主要由海堤堤前总水位、波浪爬高和堤顶高程决定。以评估区域内每条海堤中点向海一侧最近的数值模拟网格点作为该海堤代表点，以海堤代表点的模拟波浪爬高进行风暴潮漫堤风险预警。按照附录A计算海堤代表点波浪爬高值。

* + 1. 漫堤风险等级划分

基于预报时段内波浪爬高的最大值，按表1确定每条海堤漫堤风险等级。

1. 漫堤风险等级划分方法

| 风险等级 | 风险等级描述 |
| --- | --- |
| I (红色) | 波浪爬高≥堤顶高程+1.0m |
| II (橙色) | 堤顶高程+1.0m＞波浪爬高≥堤顶高程+0.5m |
| III (黄色) | 堤顶高程+0.5＞波浪爬高≥堤顶高程 |
| IV (蓝色) | 堤顶高程＞波浪爬高≥堤顶高程-0.5m |

* 1. 淹没风险预警
     1. 承灾体易损性评估

承灾体易损性主要指承灾体抵御致灾因子造成物理破坏的性质，一般以承灾体在致灾因子影响下发生不同程度物理损毁的可能性来衡量。根据附录B中表B.1确定风暴潮主要承灾体易损性等级，根据表2确定各易损性等级的计算分值。

1. 易损性等级分值量化

| 易损性等级 | 计算分值 |
| --- | --- |
| I | 10 |
| II | 7 |
| III | 4 |
| IV | 1 |

* + 1. 承灾体重要程度评估

承灾体重要程度评估主要考虑灾害对承灾体的直接影响和可能导致的次生、衍生事件影响。直接影响考虑承灾体本身的价值和重新建设的费用，间接影响考虑因承灾体损毁可能导致的次生、衍生事件的影响。重要程度划分为5个等级，根据附录B中表B.1确定风暴潮主要承灾体重要程度等级，每一级的分值如表3所示。

1. 重要程度分级标准

| 重要程度等级 | 计算分值 |
| --- | --- |
| I | 10 |
| II | 8 |
| III | 6 |
| IV | 4 |
| V | 2 |

* + 1. 应急能力评估

风暴潮灾害应急能力高低直接关系到风暴潮灾害的应对成效，主要包括2个指标，分别为：历史台风年平均发生频次指数和该地区经济发展水平（GDP）指数。按照式（1）～式（3）计算区域应急能力：

()

式中：

|  | ——*i* 地区的应急能力指数； |
| --- | --- |
|  | ——*i* 地区风暴潮年平均发生频次指数； |
|  | ——*i* 地区经济发展水平指数； |
|  | ——频次指数权重； |
|  | ——经济发展水平指数权重； |
|  | ——*i* 地区风暴潮年平均发生频次； |
|  | ——*i* 地区的人均GDP。 |

* + 1. 危险性评估

风暴潮淹没危险性以淹没水深表示，评估范围最远为海岸线向陆方向10 km。基于风暴潮数值模拟结果，以预报时段内网格淹没水深最大值作为该网格的危险性指标，按表4划分危险性等级并赋予相应计算分值。

1. 淹没水深危险性等级划分

| 危险性等级 | 淹没水深/cm | 计算分值 |
| --- | --- | --- |
| I | (300，+∞) | 10 |
| II | (120，300] | 7 |
| III | (50，120] | 4 |
| IV | (15，50] | 1 |

* + 1. 敏感时间分析

在风暴潮灾害发生时若恰逢重要会议或活动，风险分级的结果中需要考虑敏感时间，相应区域内的风险上升一级。

* + 1. 网格风险计算

风暴潮淹没风险预警结果主要以陆上网格风险等级来呈现，网格风险计算首先计算网格内每个承灾体的风险等级值，然后综合网格内的所有承灾体风险等级值得到网格综合风险等级值。综合承灾体易损性与重要程度、网格危险性、区域应急能力和敏感时间，得到单承灾体的风险预警值，按照式（4）计算：

(4)

式中：

|  | ——承灾体 *i* 的风险值； |
| --- | --- |
|  | ——承灾体 *i* 所遭受的危险性计算值； |
|  | ——承灾体 *i* 的易损性计算值； |
|  | ——承灾体 *i* 的重要程度计算值； |
|  | ——应急能力系数。 |

网格风险预警：将网格内承灾体按照风险值从大到小进行排序然后按照式（5）计算网格风险值：

式中：

——网格风险值；

——网格内承灾体数量，n≥1。

* + 1. 风险等级划分

依据公式（5）计算的网格风险值按照表5划分风险等级。

1. 风暴潮淹没风险等级划分

| 风险等级 | 风险值区间 | 颜色表示 |
| --- | --- | --- |
| I | (15, 20] | 红 |
| II | (10, 15] | 橙 |
| III | (5, 10] | 黄 |
| IV | (0, 5] | 蓝 |

* 1. 成果制图

成果制图包括以下内容：

1. 漫堤风险预警图；
2. 风暴潮淹没危险性与承灾体分布图；
3. 风暴潮淹没风险预警图。

各专题图的具体展示内容参见附录C。

* 1. 简报编制

编制风暴潮灾害风险预警简报，其内容应包含：

1. 风暴潮灾害基本信息；
2. 漫堤风险预警结果分析，附漫堤风险预警图；
3. 淹没危险性与承灾体分布分析，附风暴潮淹没危险性与承灾体分布图；
4. 淹没风险预警结果分析，附风暴潮淹没风险预警图；
5. 风险防控建议。

在风暴潮灾害发生期间，风暴潮灾害风险预警简报应每天更新。

风暴潮灾害风险预警简报格式参见附录D。

1. （资料性）  
   波浪爬高计算

单一斜坡堤正向来波

正向来波在单一斜坡上的波浪爬高可按照下列要求确定。

式中：

|  | —— | 波浪爬高(m)，由静水位算起，向上为正； |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 斜坡的糙率及渗透性系数，根据护面类型按表A.1确定； |
|  | —— | 入射波高(m)； |
| α | —— | 斜坡破角(°)； |
|  | —— | =1.00、*Hw*=1时的波浪爬高(m)； |
| *L* | —— | 波长(m)； |
| *d* | —— | 堤前水深(m) |
|  | —— | 相对于某*d/L*时的爬坡最大值(m)； |
| *M* | —— | 斜坡的应坡比相关的函数； |
|  | —— | 波浪爬高函数。 |

表A.1 斜坡的糙率及渗透性系数

| 护面类型 |  |
| --- | --- |
| 光滑不透水护面（沥青混凝土、混凝土） | 1.0 |
| 混凝土板 | 0.95 |
| 草皮 | 0.90 |
| 砌石 | 0.80 |
| 抛填两层块石（不透水堤心） | 0.60~0.65 |
| 抛填两层块石（透水堤心） | 0.50~0.55 |

1. m≤1.0，砌石护面取。

带有平台的复式斜坡堤正向来波

可先确定断面的折算坡率，再按坡率为的单坡断面确定其爬高。折算坡率可按下列公式计算。

* 1. 当
  2. 当时：
  3. 当时：

式中：

|  | —— | 平台以上的斜坡坡率； |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 平台以下的斜坡坡率； |
|  | —— | 平台的水深，当平台在静水位以下时取正值；平台在静水位以上时取负值；表示取绝对值(m)； |
| *B* | —— | 平台宽度(m)。 |

折算坡率法适用条件：，，，。

非正向规则波换算

当来波波向线与堤轴线的法线成*β*角时，波浪爬高应乘以系数*Kβ*，当堤坡坡率m≥1时，可按表A.2确定。

表A.2 系数*Kβ*

| *β*(°) | ≤15 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 90 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Kβ* | 1 | 0.96 | 0.92 | 0.87 | 0.82 | 0.76 | 0.6 |

2. （资料性）  
   风暴潮灾害主要承灾体易损性与重要程度等级

表B.1 风暴潮灾害主要承灾体易损性与重要程度等级

| 一级标题 | 二级标题 | 易损性等级 | 重要程度等级 |
| --- | --- | --- | --- |
| 堤防工程 | 海堤 | III | I |
| 沿岸重要基础设施 | 滨海机场 | III | I |
| 主要公路 | II | III |
| 铁路 | II | III |
| 核电站 | II | I |
| 火电站 | II | II |
| 风电站 | II | IV |
| 变电站 | II | II |
| 通讯设施 | II | IV |
| 钢铁基地 | III | I |
| 石油化工基地 | II | I |
| 水库大坝 | II | I |
| 沿岸重点单位 | 危险化学品设施 | II | I |
| 物资储备基地 | II | I |
| 工业园区 | II | I |
| 沿岸旅游娱乐区 | II | III |
| 海水养殖区 | I | II |
| 港口码头 | IV | I |
| 船厂 | III | III |
| 尾矿库 | I | II |
| 农田 | IV | V |
| 公众聚集场所 | I | II |
| 古建筑 | III | IV |
| 医院 | II | II |
| 学校 | II | II |
| 沿岸社区人口与房屋 | 人口集聚区 | I | I |
| 房屋 | III | II |
| 应急避难场所 | III | II |
| 地下车库 | I | II |

1. （资料性）  
   风暴潮灾害风险预警专题图

漫堤风险预警专题图

制图范围：

1. 在预报时间范围内可能受风暴潮越浪或漫堤影响的所有岸段。

展示内容：

1. 制图范围内各岸段的风险等级分布；
2. 可能受风暴潮漫堤越浪影响的陆上敏感承灾体，如海堤、人口、港口码头、机场、医院等。若为台风风暴潮同时展示台风实际路径与预报路径。

敏感承灾体分布图

制图范围：

1. 在预报时间范围内风暴潮可能淹没到的所有区域。

展示内容：

1. 制图范围内各网格的危险性等级分布；
2. 受风暴潮淹没影响的陆上敏感承灾体，如海堤、港口码头、机场、医院等。若为台风风暴潮同时展示台风实际路径与预报路径。

风险分布图

制图范围：

1. 在预报时间范围内风暴潮可能淹没到的所有区域。

展示内容：

1. 制图范围内各网格的风险等级分布；
2. 受风暴潮淹没影响的陆上敏感承灾体，如海堤、港口码头、机场、医院等。若为台风风暴潮同时展示台风实际路径与预报路径。
3. （资料性）  
   风暴潮灾害风险预警简报

抬头

抬头内容应包括：

1. 标题：“XX”风暴潮灾害风险预警简报；
2. 报告编制单位名称；
3. 评估时间；
4. 报告编制时间。

报告正文

报告正文包括风暴潮灾害基本信息、漫堤风险预警结果分析、淹没危险性与承灾体分布分析、淹没风险预警结果分析和风险防控建议五部分内容：

1. 灾害基本情况；
2. 漫堤风险预警结果分析；
3. 淹没危险性与承灾体分布分析；
4. 淹没风险预警结果分析；
5. 风险防控建议：针对位于高风险区的主要承灾体提出可以采取的防御措施及建议。

结尾

1. 拟稿人；
2. 校稿人；
3. 审核人；
4. 报送单位。

|  |
| --- |
| **XX风暴潮灾害风险预警简报**  **一、风暴潮灾害基本信息**  xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx  **二、漫堤风险预警结果分析**  Xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx  **图 风暴潮淹没危险性与承灾体分布图**  **三、****淹没危险性与承灾体分布分析**  Xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx  **图 风暴潮淹没危险性与承灾体分布图**  **四、淹没风险预警结果分析**  Xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx  图 风暴潮淹没风险预警图  **五、风险防控建议**  xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx |

参考文献

1. GB 50286-2013 堤防工程设计规范
2. HY∕T 0273—2019 海洋灾害风险评估和区划技术导则 第1部分：风暴潮
3. 尹宝树,徐艳青,任鲁川等.黄河三角洲沿岸海浪风暴潮耦合作用漫堤风险评估研究[J].海洋与湖沼,2006(05):457-463.
4. 张莉,商少平,张峰等.福建沿岸天文潮-风暴潮-台风浪耦合漫堤预警系统[J].海洋预报,2016,33(05):61-69.
5. 于福江,傅赐福,郭洪琳等.现代风暴潮预报技术及应用[M].北京:科学出版社,2020.

