



团 体 标 准

T/XXX XXXX—XXXX

海上风机海洋动力灾害风险评估 技术规程

Guideline for marine dynamic disaster risk assessment of offshore wind turbine

（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。

— XX — XX 发布

XXXX — XX — XX 实施

中国海洋学会 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。

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。

本文件由中国海洋学会归口。

本文件起草单位：浙江省海洋监测预报中心、河海大学、浙江大学、中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司、浙江省水利河口研究院、自然资源部第二海洋研究所、国家海洋标准计量中心、自然资源部海洋减灾中心、浙江省海洋科学院、国家海洋信息中心、上海市水利工程设计研究院有限公司。

本文件主要起草人：

海上风机海洋动力灾害风险评估 技术规程

1 范围

本文件规定了海上风机海洋动力灾害风险评估的工作原则、评估流程、数据资料收集、评估方法等方面的内容。

本文件适用于我国单桩形式海上风机海洋动力灾害风险评估工作。

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 18451 风力发电机组设计要求

GB/T 31517.1 固定式海上风力发电机组设计要求

HY/T 0388 海洋灾害基本术语

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

海上风机 offshore wind turbine

海上风机是指安装在海面上用于发电的风能利用装置。

3.2

海洋动力灾害 Marine dynamic disaster

海洋动力要素发生异常或激烈变化，导致在海上或海岸带发生的危害社会、经济、环境和生命财产的现象或事件。

[来源：HY/T 0388-2023，定义3.3]

3.3

轮毂高度 hub height

风力发电机风轮掠扫面积的中心点距离平均海平面的高度。

[来源：GB/T 31517-2022，定义3.20]

3.4

海上风机最大可能风险 offshore wind turbine maximum possible risk

在一定时期内，海上风机受海洋动力灾害影响下最有可能发生且影响较大的风险。

3.5

海上风机实时风险 offshore wind turbine real-time risk

正在发生的海洋动力灾害影响下，海上风机受灾的风险。

3.6

海上风机危险性 hazard of offshore wind turbine

海洋动力灾害对海上风机造成的潜在危险。

3.7

海上风机脆弱性 vulnerability offshore wind turbine

海上风机应对海洋动力灾害的能力。

4 工作原则

4.1 综合性

综合考虑海上风机和所在海域的海洋动力灾害特点，保证风险评估结果符合客观现状。

4.2 系统性

基于海上风机现状及其致灾机理，考虑致灾因子和海上风机之间的互馈关系，系统分析海上风机风险，构建涵盖致灾因子危险性和脆弱性的评估体系。

4.3 可行性

评估结果具有实际应用价值，能够为反映海上风机海洋动力灾害风险的真实情况，遵循科学规范的原则，在技术方法上易操作，具有实用性。

5 风险评估分类

海上风机海洋动力灾害风险评估分为最大可能风险评估和实时风险评估。

6 风险评估流程

海上风机海洋动力灾害最大可能风险评估和实时风险评估均包含危险性等级划分、脆弱性等级划分和风险评估，工作流程按图1确定。

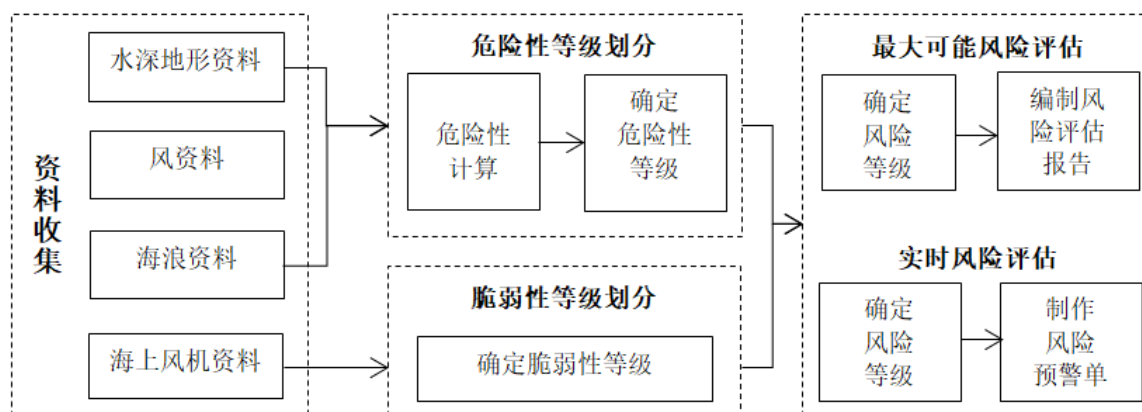


图1 评估流程图

7 资料收集

7.1 最大可能风险评估

7.1.1 水深地形资料

评估区域附近海域近五年的大比例尺近岸海底地形或近海水深分布和底质中值粒径资料，重点区域空间分辨率不小于1:10 000。

7.1.2 极端天气过程资料

- 评估区域 250 km 范围内的近二十年历史台风资料，及历史极端台风过程资料，包括台风路径、影响时间、台风中心位置、中心气压、中心最大风速等。
- 评估区域近二十年受寒潮和出海气旋等天气系统影响下的过程资料，及历史极端过程资料，包括天气系统、影响时间、过程强度、影响范围等。

7.1.3 风资料

评估区域台风和其他极端天气系统影响下海面 10 m 高度处的最大风速和平均风速等。

7.1.4 海浪资料

评估区域历史台风和其他极端天气系统影响下的海浪过程资料，包括最大有效波高、平均波长和平均波周期。

7.1.5 潮流资料

评估区域未受扰动的潮流垂线平均流速和大潮时峰值流速。

7.1.6 底质资料

评估区域底质中值粒径和泥沙颗粒密度。

7.1.7 海上风机资料

名称、位置、规模、空间分布、风力发电机组等级、设计最大冲刷深度和水下基础桩径等。

7.2 实时风险评估

7.2.1 水深地形资料

同7.1.1。

7.2.2 极端天气过程资料

- c) 台风影响海上风机期间的预警报信息，包括预报的台风路径、影响时间、台风中心位置、中心气压、中心最大风速等。
- d) 寒潮和出海气旋等天气系统影响海上风机期间的预警报信息，包括预报的影响时间、过程强度、影响范围等。

7.2.3 风资料

台风或其他天气系统影响海上风机期间的海面10 m高度处的最大风速预报值。

7.2.4 海浪资料

台风或其他天气系统影响海上风机期间的海浪预报值，或根据GB/T 31517.1计算方法推算得到最大有效波高、波向、波长和波周期。

7.2.5 潮流资料

同7.1.5。

7.2.6 底质资料

同7.1.6。

7.2.7 海上风机资料

同7.1.7。

8 危险性等级划分

8.1 水上部分危险性

8.1.1 通用方法

危险性 H 依据海上风机位置处的海上10m高度处的最大风速 V_t 划分。将危险性 H 划分为A（高）、B（较高）、C（较低）、D（低）四级，具体见表1。

表1 海上风机危险性等级表

危险性等级		A（高）	B（较高）	C（较低）	D（低）
最大风速 V_t	单机容量<8MW	>51.0m/s (>15级)	41.5~50.9m/s (14~15级)	28.5~41.4m/s (11~13级)	13.9~28.4m/s (7~10级)
	单机容量≥8MW	>61.2m/s (>17级)	51.0~61.2m/s (16~17级)	37.0~50.9m/s (13~15级)	20.8~36.9m/s (9~12级)

8.1.2 最大可能危险性

对海上风机进行最大可能危险性计算时， V_t 按照历史台风数据或其他极端天气系统数据进行计算，数据选取要求见7.1.2和7.1.3。针对历史台风进行最大可能风险评估时，对评估区域250 km范围内台风路径上每个点位分别进行危险性计算，选取最大值作为最大可能危险性 H 值。

8.1.3 实时危险性

对海上风机进行实时危险性计算时， V_t 按照风实时预警报数据进行计算。

8.2 水下部分危险性

按照风电基础可能的冲刷值与设计冲刷值之比，计算方法见式1。

$$H_d = \frac{S_i}{S_0} \quad (1)$$

式中：

H_d ——水下部分危险性指标，无因次量；

S_0 ——风电基础设计冲刷值，单位 m；

S_i ——某次海洋动力灾害过程期间可能的冲刷值，单位 m，计算方法见式 2；

$$\frac{S}{D} = 2.2k_1k_2\left(0.1\frac{u_a}{u_c} + 0.52\right)D^{0.65}\left(\frac{2.6u_a - u_c}{\sqrt{g}}\right)^{0.7} \quad (2)$$

$$u_a = u_0 + \frac{2}{\pi}u_{wm} \quad (3)$$

$$u_{wm} = \frac{\pi H_s}{T \sinh(2\pi h/L)} \quad (4)$$

$$u_c = \left(\frac{h}{d_{50}}\right)^{0.14} \left[17.6 \frac{(\rho_s - \rho)}{\rho} d_{50} + 0.000000605 \frac{(10+h)}{d_{50}^{0.72}}\right]^{0.5} \quad (5)$$

式中：

S ——局部最大冲刷深度，单位m；

D ——水下基础桩径，单位m；

k_1 ——桩形状系数，圆柱桩取1.0；

k_2 ——斜桩影响系数，直立桩取1.0；

U_a ——波流特征流速，计算方法见式3；

U_0 ——潮流流速，取大潮时峰值流速；

U_{wm} ——波浪近底轨道流速幅值，计算方法见式4；

U_c ——泥沙启动流速，计算方法见式5；

H_s ——有效波高，单位m；

T ——平均波周期，单位s；

h ——水深，单位m；

L ——平均波长，单位m；

d_{50} ——底质中值粒径，单位mm；

ρ ——水体密度，单位 kg/m^3 ；

ρ_s ——泥沙颗粒密度，单位 kg/m^3 。

根据水下危险性计算结果，将危险性 H 划分为A（高）、B（较高）、C（较低）、D（低）四级，具体见表2。

表2 海上风机危险性等级表

危险性等级	A（高）	B（较高）	C（较低）	D（低）
危险性 H 值	(0.75, 1]	(0.5,0.75]	(0.25,0.5]	(0,0.25]

9 脆弱性等级划分

9.1 划分方法

根据风力发电机组等级（GB/T 18451）将海上风机脆弱性 V 划分为a（高）、b（中高）、c（中低）、d（低）四级，具体对应关系见表3。风、浪指标需同时满足对应机组等级要求，若其中一项指标未达标，按就高原则判定脆弱性等级。

表3 风力发电机组等级与脆弱性等级对应关系表

脆弱性等级	a（高）	b（中高）	c（中低）	d（低）
风力发电机组等级	IV级	III级	II级	I级
50年一遇最大风速 V_{50} (m/s)	30	37.5	42.5	50
50年一遇最大有效波高 H_{50} (m)	<8	8~12	12~16	≥16
脆弱性程度描述	抗风-浪联合灾害能力最弱	抗风-浪联合灾害能力一般	抗风-浪联合灾害能力较强	抗风-浪联合灾害能力最强

9.2 场址特异性验证

对比风机设计的 V_{50} 、 H_{50} 与风电场址实测的50年一遇最大风速、50年一遇最大有效波高，计算适配系数 K ，计算方法见公式4：

$$K = \frac{V_{\text{设计}}}{V_{\text{场址}}} \times \frac{H_{\text{设计}}}{H_{\text{场址}}} \quad (4)$$

式中：

$V_{\text{设计}}$ ——风电场址设计50年一遇最大风速，单位m/s；

$V_{\text{场址}}$ ——风电场址实测50年一遇最大风速，单位m/s；

$H_{\text{设计}}$ ——风电场址设计50年一遇最大最大有效波高，单位m；

$H_{\text{场址}}$ ——风电场址实测50年一遇最大最大有效波高，单位m；

若 $K \geq 1.0$ ，说明风机设计指标高于场址灾害强度，按原等级判定；若 $0.8 \leq K < 1.0$ ，说明设计指标略低于场址灾害强度，脆弱性等级升高一级；若 $K < 0.8$ ，说明设计指标远低于场址灾害强度，脆弱性等级升高两级，同时判定该风机不适配本场址。

10 风险评估

海上风机风险评估分为最大可能风险评估和实时风险评估。风险等级分为I（高）、II（较高）、III（较低）、IV（低）四级，由危险性等级和脆弱性等级根据表3确定，其中危险性和脆弱性按照就高原则确定。

表4 海上风机风险等级与危险性及脆弱性等级对应关系表

危险性等级	脆弱性等级			
	a（高）	b（较高）	c（较低）	d（低）
A（高）	I（高）	I（高）	II（较高）	III（较低）
B（较高）	I（高）	II（较高）	II（较高）	III（较低）
C（较低）	II（较高）	II（较高）	III（较低）	IV（低）

危险性等级	脆弱性等级			
D（低）	III（较低）	III（较低）	IV（低）	IV（低）

11 报告编制与预警单制作

11.1 最大可能风险评估技术报告

编制海上风机海洋动力灾害风险评估报告，内容和格式参见附录A。

11.2 实时风险评估预警单

制作海上风机海洋动力灾害实时风险预警单，内容和格式参见附录B。

附 录 A
(资料性)
海上风机海洋动力灾害风险评估报告格式

A.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。

A.2 封二

封二书写内容包括：

- 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。

A.3 目录

报告有目录页，置于前言之前。

A.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。

A.5 正文

技术报告正文包括评估区域概况、资料收集与整理、海上风机危险性等级划分、海上风机脆弱性等级划分、海上风机风险评估、对策与建议等内容。

A.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。

A.7 报告格式

报告文本外形尺寸为A4（210mm×297mm）。

附 录 B
(资料性)

海上风机海洋动力灾害实时风险预警产品示例

发布单位：xxxx
预警编号：xx号
预报风机：xx海上风电场xx号风机
发布时间：xx年xx月xx日xx时

时间	风险等级	可能灾害影响	建议措施
×月×日×时	× 级	××	××
×月×日×时	× 级	××	××
...	...	...	××
×月×日×时	× 级	××	××
