

ICS 47.020
CCS U 21

团 体 标 准

T/CSNAME 095—2024

船舶与海洋技术 海上漂浮式风机系泊设 备技术规范

Ships and marine technology Technical specification for mooring facility of
floating offshore wind turbine

2024 - 12 - 28 发布

2025 - 03 - 28 实施

中国造船工程学会 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。

本文件由中国造船工程学会标准化学术委员会提出。

本文件由中国造船工程学会归口。

本文件起草单位：中海油研究总院有限责任公司、江苏亚星锚链股份有限公司、浙江四兄绳业有限公司、中海油深圳海洋工程技术服务有限公司、中国船舶集团有限公司第七〇四研究所。

本文件主要起草人：谭越、高巍、张卫新、李航宇、童小川、崔宁、邓小康、李刚、邵云亮、董海磊、石锦坤、郑辉、张泽昊、吴炜。



船舶与海洋技术 海上漂浮式风机系泊设备技术规范

1 范围

本文件规定了海上漂浮式风机系泊设备的技术要求、检验与测试要求等。

本文件适用于海上漂浮式风机系泊设备的测试、检验。

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 20848-2017 系泊链

ISO 8062-3 产品几何技术规范 模制件的尺寸和几何公差 第3部分：铸件一般尺寸、几何公差和机械加工余量 (Geometrical product specifications (GPS) — Dimensional and geometrical tolerances for moulded parts Part 3: General dimensional and geometrical tolerances and machining allowances for castings using \pm tolerances for indicated dimensions)

ISO 18692-1 海洋平台定位系泊纤维绳 第1部分：通用技术规范 (Fibre ropes for offshore stationkeeping — Part 1: General specification)

ISO 20438: 2017 船舶与海洋技术 海工系泊链 (Ships and marine technology— Offshore mooring chains)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

海上漂浮式风机 (FOWT) floating offshore wind turbine, FOWT
由浮式基础支撑的风机。

3.2

浮式基础 floating substructure

漂浮在海床之上的海上漂浮式风机的部分支撑结构，连接风机塔筒和定位系统，由支撑操作负载的漂浮式结构组成。

注：浮式基础也可被称为船体，不同的浮式基础与海上风机的其他部分如图1所示。

3.3

系泊组件 mooring component

用于系泊浮式结构物的一般类别构件。

示例：锚链、钢丝绳、合成纤维缆、配重块、浮筒、绞车/锚机或锚。

3.4

最小断裂强度 (MBS) minimum breaking strength, MBS

RCS认证的锚链、钢丝绳、纤维缆或配件的强度。

3.5

半潜式 (平台) semi-submersible

由甲板结构，宽间距、大截面的支撑立柱以及与之连接的水下浮箱组成的浮式结构。

注：浮箱、立柱的几何形状通常根据使平台的全局运动在较大的波浪频率范围内最小化选择。

3.6

深吃水立柱式 (Spar) 平台 spar platform

深吃水、小水线面面积的浮式结构。

3.7

张力腿平台 (TLP) tension leg platform, TLP

由多个支撑立柱组成的浮式结构，定位系统采用张紧腿而不是分布式系泊系统。

3.8

遥控无人潜水器 (ROV) remotely operated vehicle ,ROV

可在水下进行遥控操作，完成各种水下任务的无人潜水器。

4 技术要求

4.1 概述

4.1.1 系泊缆（如纤维缆、锚链、钢缆）连接海上漂浮式风机与海底定位锚，使海上漂浮式风机水平漂移限制在规定范围，确保外输电缆安全，其基本型式如图 1 所示。

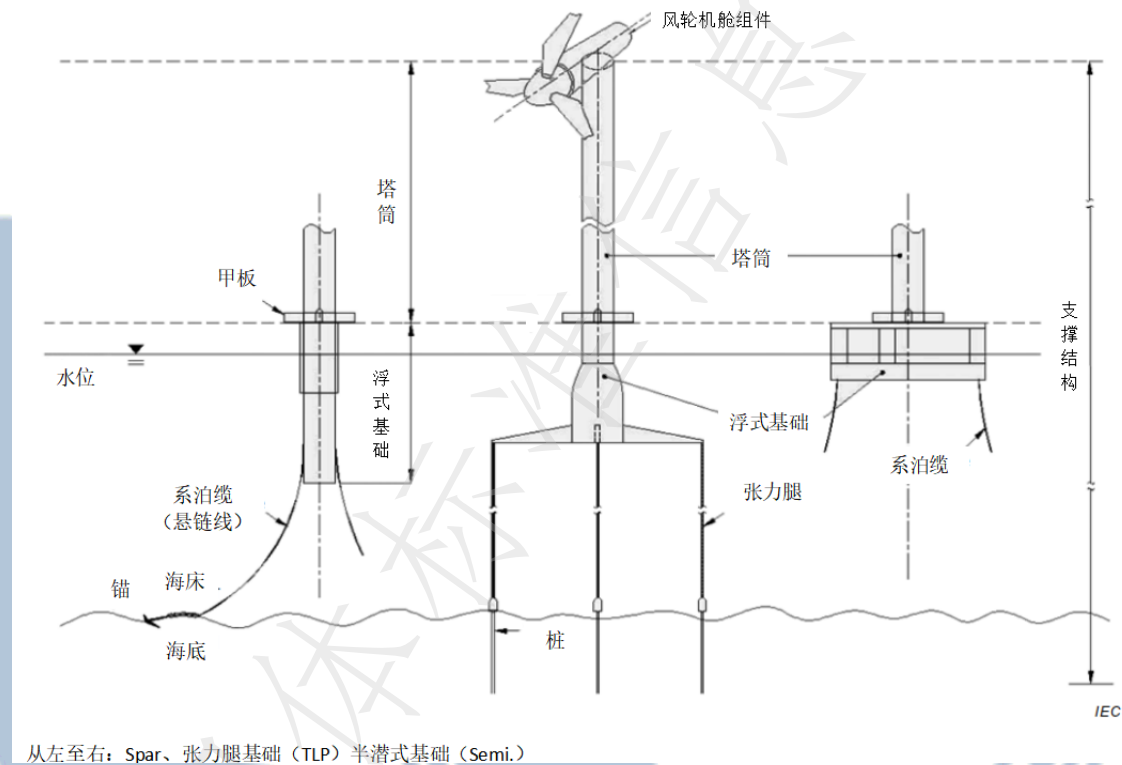
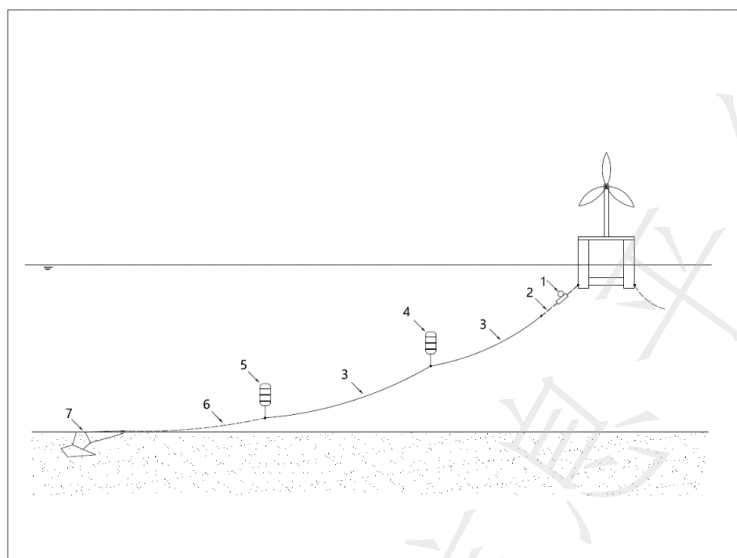


图1 海上漂浮式风机组成

4.1.2 海上漂浮式风机的系泊组件包括锚链、钢缆、纤维缆、配重块、浮标、绞车/锚机/系泊张紧器、连接器和锚。系泊缆顶端与海上漂浮式风机浮式基础相连，底端与锚相连，如图 2、图 3 所示。

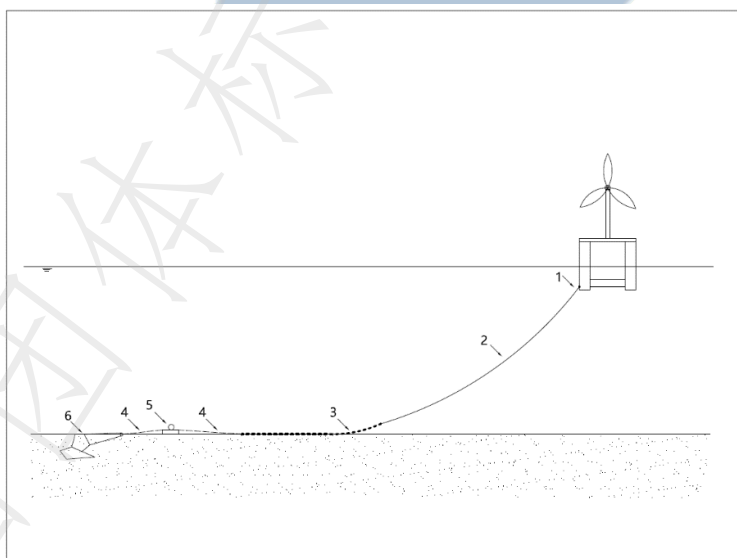


标引序号说明:

- 1——在线系泊张紧器;
2——顶部锚链;
3——纤维缆绳;
4——中线浮标;

- 5——中线浮标;
6——躺底锚链;
7——锚。

图2 由纤维缆与浮标组成的典型系泊缆



标引序号说明:

- 1——连接器;
2——高模量聚乙烯绳;
3——重链/配重块;

- 4——躺底锚链;
5——海底系泊张紧器;
6——锚。

图3 由配重块与海底张紧器组成的典型系泊缆

4.1.3 海上漂浮式风机浮式基础可不使用大型系泊张紧设备（如绞车、千斤顶）和止链装置，而是用张紧器代替。根据所处位置不同，张紧器分为连接浮体和系泊链的导缆止链器、位于系泊链中段的在线张紧器和布置于海床的海底张紧器。

4.2 系泊组件

- 4.2.1 海上漂浮式风机浮式基础的系泊缆可由单段或多段组成。锚链通常设置在系泊缆底部，与锚连接，方便锚的安装。锚链可设置于系泊缆的顶端以防止磨损。钢缆与纤维缆可作为海面之下、海底之上的悬挂段。
- 4.2.2 当采用纤维缆如聚酰胺（尼龙）绳等合成纤维绳作为悬挂段时，应使用浮标避免合成纤维绳与海底接触。
- 4.2.3 可在海床上为锚链增加配重块。
- 4.2.4 配重块分为整体与组合两种类型，整体配重块为整体铸造支撑，锚链穿过通孔并用螺栓紧固。组合配重块由两部分组成并用螺母和螺栓组装而成。
- 4.2.5 浮标可以是空心的，也可以填充浮体材料，浮标可直接安装于系泊缆上，也可通过连接器与系泊缆相连但彼此互相独立。
- 4.2.6 海上漂浮式风机系泊连接器用于连接浮体、系泊锚链、不同系泊组件和锚泊装置。连接器的详细类型详见 ISO 20438: 2017 图 7 至图 10。
- 4.2.7 锚用于作业期间固定系泊缆，包括拖曳锚、吸力锚和桩锚等类型。
- ### 4.3 基本要求
- 4.3.1 系泊组件的最小断裂强度应满足系泊设计要求和船级社认可的要求。
- 4.3.2 钢丝绳应该满足以下要求：
- 钢缆装有护套。
 - 钢缆的末端包好并插入连接插孔中。
 - 连接插孔需加装弯曲加强筋。
- 4.3.3 合成纤维绳应满足以下要求：
- 聚酯纤维缆与尼龙缆应具有高强度并达到海洋级别。
- 注：海洋级别是要求在纤维或纱线上使用的工艺和物质，可以提高产品在海洋环境中的纱线磨损性能。
- 当使用高模量聚乙烯绳时应考虑蠕变寿命。
 - 绳套应足够密实以保护绳索在操作和使用过程中免受机械伤害。
 - 绳套应具有透水性使水淹没绳芯。
 - 在绳芯与绳套之间应包括土壤过滤器。
 - 根据 ISO 18692-1 等标准粒子进入阻力测试，系泊绳应能有效防止超过 5 μm 的粒子进入。
 - 在安装与操作过程中纤维绳一般不应与海床接触。
 - 如果对土壤粒子的防护完全合格，安装与操作过程中，在回收与最终连接之前纤维绳可放置于海床上。
 - 在安装之前应规划预压操作，尽可能消除永久伸长并增加纤维绳的刚度。
- 4.3.4 应采用防松动措施防止配重块在使用过程中松动。
- 4.3.5 中线浮标在端部连接器处可以转动。
- 4.3.6 系泊链、附件、万向节设计时应考虑腐蚀余量，张紧器设计时应预留牺牲阳极安装位置。
- 4.3.7 连接件由高强度钢制成，对等级、化学成分和炼钢的要求应符合 ISO 20438: 2017。
- 4.3.8 系泊张紧器可根据系泊缆构成，安装在海底、系泊缆中段或靠近水面的位置。
- 4.3.9 考虑到海上漂浮式风机无人操作的特点，宜在系泊张紧器上使用张紧器负载传感器来监测系泊张力数据。
- 4.3.10 锚应具有足够的承载力，承载力指标由系泊设计分析确定。
- 4.3.11 拖曳锚的承载力与自重之比通常大于 40。锚的试验载荷通常为设计载荷的 80~100%，上拔角在完整工况下小于 10° ，在破断工况下小于 20° 。
- 4.3.12 重力锚由可调节的爪片和全向系泊臂组成。要求旋转角度为 360° 。
- 4.3.13 在充分研究与试验之后，浮式风电场可使用同时固定两条及两条以上系泊缆的共用锚。

5 检验与测试

5.1 锚链与连接器

- 5.1.1 交付前应在连接器的高应力区域（即主销）取样进行机械试验。

- 5.1.2 交付前应取样进行断裂负荷试验。连接器样品应能承受 ISO 20438: 2017 表 2 规定的断裂载荷至少 30 s。连接器应在断裂载荷试验后进行磁粉检验, 表面无裂纹。
- 5.1.3 所有样品在交付前均应进行负载验证试验, 构件应能承受验证载荷, 无开裂现象, 同时, 延伸率不超过 5%。
- 5.1.4 制造商应保存所有检测的记录。
- 5.1.5 所有的锚链与连接器在出厂前均应接受磁粉检验与超声波检验。
- 5.1.6 连接器经正火、淬火、回火等热处理, 达到规定的机械性能。
- 5.1.7 连接器采用锻造方式制造, 锻压比应不小于 3:1。
- 5.1.8 锚链和连接器的技术要求应按照 GB/T 20848-2017 第 5 章规定执行, 检验方法参照 GB/T 20848-2017 第 6 章, 检验规则参照 GB/T 20848-2017 第 7 章。

5.2 合成纤维缆与钢缆

- 5.2.1 应确保足够数量的绳索样品以完成必要的测试、记录绳索的性能, 该数量包含如果后续需要进行其他测试所需的备用绳索长度。
- 5.2.2 制造商应保存所有检测的记录, 应记录交付的纤维绳段的以下关键性能特征:
- 线密度。
 - 干断裂强度。
 - 干断裂伸长量。
 - 在指定载荷水平下的干伸长量。
 - 纤维间的磨耗性能。
 - 刚度。
 - 循环载荷加载承载力。
 - 防砂能力。

5.3 配重块

- 5.3.1 尺寸、重量和力学试验应符合 ISO 8062-3 的要求。
- 5.3.2 配重块完成铸造后应进行正火或退火处理。
- 5.3.3 交付前应检查配重块在空气中的重量, 总重量的平均误差在 0~+2.5% 范围内, 单个配重块的重量误差在 -2%~+3% 范围内以保证重量在水下的均匀分布。
- 5.3.4 配重块应由铸钢或球墨铸铁制成, 抗拉强度不低于 400 MPa, 屈服强度不低于 200 MPa, 延伸率不低于 15%。
- 5.3.5 配重块检测应包括用全尺寸锚链快速穿过配重块并紧固。锚链与配重块应彼此适合且无相互干扰。组装完成后, 配重块应紧密固定在锚链上。同时, 固定链环的相邻链环应按项目协议规定的最大角度自由旋转。
- 5.3.6 如果有配重块的链条段与海底会发生碰撞, 则应进行跌落试验。测试频率为 10%, 每批至少 1 件。试验时, 配重块从 4 m 高度自由下落到最小厚度 50 mm 的钢板上。配重块不得破碎, 并应用 3 kg 重的锤子检查。
- 5.3.7 配重块应进行 100% 外观检验和无损检测。制造商应保存所有检测的记录。

5.4 绞车/锚机/系泊张紧器

- 5.4.1 在交付前绞车/锚机/系泊张紧器应进行功能试验。
- 5.4.2 绞车/锚机/系泊张紧器在张紧操作前应由遥控无人潜水器 (ROV) 或潜水员进行适当的检查。

5.5 安装测试

- 5.5.1 系泊缆应张紧以保证锚在海底的位置及其承载能力。
- 5.5.2 系泊缆的锚链应由遥控无人潜水器 (ROV) 进行扭角检查并记录结果。
- 5.5.3 所有系泊缆绳的张紧操作完成后, 应测量系泊缆绳倾角。
- 5.5.4 系泊系统与海上漂浮式风机连接后, 应进行偏移试验。
- 5.5.5 系泊缆海底段锚链应进行 100% 外观检查, 且扭转在设计限制范围内, 配重块整齐并与锚链连接。
- 5.5.6 纤维绳应外观检查保护套的完整性。

5.6 在役检查

- 5.6.1 系泊缆应进行年检。系泊缆绳应完整且在原位，倾角在设计范围内。配重块整齐并与锚链连接。
- 5.6.2 系泊缆最多不超过5年应进行更详细的专项检查，包括锚链腐蚀、钢缆护套磨损及锁节状态、聚酯缆外护套磨损及眼环部位完整性等。
- 5.6.3 在极端风暴天气（风暴等级接近或系泊设计中考虑的极端设计条件）后应对海上漂浮式风机锚泊系统进行临时状态检查。系泊缆绳应完整且在原位，倾角在设计范围内。配重块整齐并与锚链连接。
- 5.6.4 系泊链的实际截面积低于90%原始公称截面积时应考虑更换。
- 5.6.5 系泊锚链的检查主要采用可视检查和锚链测量，出现以下四种情况应考虑更换：
- 锚链直径平均两个测量直径小于公称直径的90%。
 - 锚链异面弯曲，且弯曲角度大于 3° 。
 - 锚链横档松动或丢失。
 - 锚链产生裂纹以及凹槽时。

6 包装储运

6.1 系泊链与连接器

- 6.1.1 系泊链应使用钢丝绳打包后发货。每包链条应使用吊牌注明等级、规格和打包的序号。吊牌固定于钢丝绳夹头。
- 6.1.2 连接器应使用钢丝绳打包后发货。
- 6.1.3 系泊链存储时应按照链号分别堆放。堆放场地应通风良好。
- 6.1.4 连接器存储时应按照型式、编号分类堆放，同一产品的不同组件应储存在一起。

6.2 纤维缆

6.2.1 纤维缆包装和储运一般遵循以下基本要求：

- 在选择纤维缆的包装、海运和储存系统时应足够谨慎。
- 重点关注纤维缆的生产过程、陆上和海上运输和搬运、堆场储存和分段、安装和回收（如适用）。
- 对于纤维缆，应配备纤维缆操作指导说明书，根据指导说明书的要求对纤维缆的储存与运输进行操作，以避免在储存与运输过程中对纤维缆的损坏。储存与运输说明书应至少包含起重要求、缠绕要求、运输要求、存储要求等内容。
- 储存与运输说明书中应详细说明纤维缆的搬运限制（例如限制缆绳上的局部和整体受到压力）、最小弯曲半径（例如缠绕等）。对于直径较大的超长缆绳，可能需要将纤维缆装入特殊储罐中。
- 纤维缆应储存在平坦开阔的场地，防止意外的移动，并且避免靠近热源、火源及化学药剂等危险物。
- 每个纤维缆存储滚筒应清楚标记内容物并提供可追溯性。
- 纤维缆成品包装应使用防风雨材料牢固包裹。
- 在储存与运输过程中，应保护纤维缆不受高温、化学和紫外线辐射损伤的影响。
- 在存放和/或缠绕纤维缆时，应避免使用具有锋利和/或突出边缘的金属件刮擦纤维缆。纤维缆的金属配件应单独包装或单独保存，防止任何纤维缆磨损。
- 纤维缆滚筒的吊装需要专用的吊装撑杆和吊装索具，吊装作业前，需对吊装撑杆与吊装索具进行仔细检查并正确安装，吊装作业要由经过培训并具有经验的吊装作业人员进行操作，防止纤维缆滚筒吊装过程中坠落。