

团 体 标 准

T/CSNAME 096—2024

船舶与海洋技术 漂浮式风机系泊张紧器

Ships and marine technology Mooring tensioner for 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、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、邓小康、李剑、董鑫、童小川、易丛、高巍、郑辉、张泽昊、吴炜。



船舶与海洋技术 漂浮式风机系泊张紧器

1 范围

本文件规定了漂浮式风机系泊张紧器的分类与标记、设计、要求、试验方法、检验规则、标志。本文件适用于漂浮式风机系泊张紧器的设计、制造、检验和标识。

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 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验
- GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
- GB/T 6402 钢锻件超声波检验方法
- GB/T 11345 焊缝无损检测—超声检测—技术、检测等级和评定
- GB/T 15822（所有部分） 无损检测 磁粉检测
- GB/T 20848 系泊链
- GB/T 26951 焊缝无损检测 磁粉检测
- GB/T 26952 焊缝无损检测 焊缝磁粉检测 验收等级
- GB/T 29712 焊缝无损检测 超声检测 验收等级
- ISO 3755 一般工程用铸钢（Cast carbon steels for general engineering purposes）
- ISO 8062 铸件 尺寸公差与机械加工余量（Castings — System of dimensional tolerances and machining allowances）
- ISO 9477 一般工程用高强度铸钢（High strength cast steels for general engineering and structural purposes）
- ISO 11971 钢铁铸件—表面质量的目视检测（Steel and iron castings — Visual testing of surface quality）
- ISO 13920 焊接—焊接结构的一般公差—长度和角度尺寸—形状和位置（Welding — General tolerances for welded constructions — Dimensions for lengths and angles — Shape and position）
- ISO 19901-7 石油天然气工业 海洋结构的特殊要求. 第7部分：海上浮式结构和海上移动装置定位系统（Petroleum and natural gas industries Specific requirements for offshore structures Part 7: Station keeping systems for floating offshore structures and mobile offshore units）
- ISO 20438 船舶与海洋技术—海上系泊链（Ships and marine technology — Offshore mooring chains）
- ASTM A609 碳钢、低合金钢和马氏体不锈钢 铸件超声波检验标准（Standard Practice for Castings, Carbon, Low-Alloy, and Martensitic Stainless Steel, Ultrasonic Examination Thereof）

3 术语和定义

ISO 19901-7、ISO 20438界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

张紧器 tensioner

用于系泊线的锁定和张力调节的组件，包含导向槽、导向轮、锁止器和其它附件。

- 3.2 导向槽 guide chute
用于系泊线导向的滑槽，能将系泊缆/链环整齐排列或者改变系泊线的方向。
- 3.3 导向轮 guide sheave
用于系泊链导向或变向，特别是在大角度变向时，能降低系泊线运动的摩擦阻力。
- 3.4 锁止器 locking stopper
用于系泊线的单向运动，带锁紧装置以防系泊线脱离或掉落。
- 3.5 预张紧 pre-tensioning
用于系泊线的单向运动，带锁紧装置以防系泊线脱离或掉落。
- 3.6 万向节 universal joint
用于连接相互之间成一定角度的链条或钢丝绳的万向接头，通常用来传递旋转运动。
- 3.7 系泊线 mooring line
用于连接浮体和锚固装置的系泊组件，可由系泊链、钢丝绳、纤维绳、卸扣、万向节、张紧器、配重块中的一种或多种部件组成。

4 分类和标记

4.1 分类

张紧器的分类见表1。

表1 张紧器分类和代码

型式	名称	代码	位置	用途
系泊链张紧器	系泊链导缆止链器	TC-U	和浮体相连	用于系泊链的连接与张力调节
	系泊链海底张紧器	TC-I	位于海床	
	系泊链在线张紧器	TC-B	位于系泊链中间	
系泊缆张紧器	系泊缆导缆止链器	TR-U	和浮体相连	用于纤维缆或钢丝绳的连接与张力调节
	系泊缆海底张紧器	TR-I	位于海床	
	系泊缆在线张紧器	TR-B	位于系泊缆中间	

4.2 型式

4.2.1 系泊链张紧器

系泊链张紧器应由支架、导向槽、锁止器和导缆轮组成，如图1所示，海底张紧器还应包含一个底座。

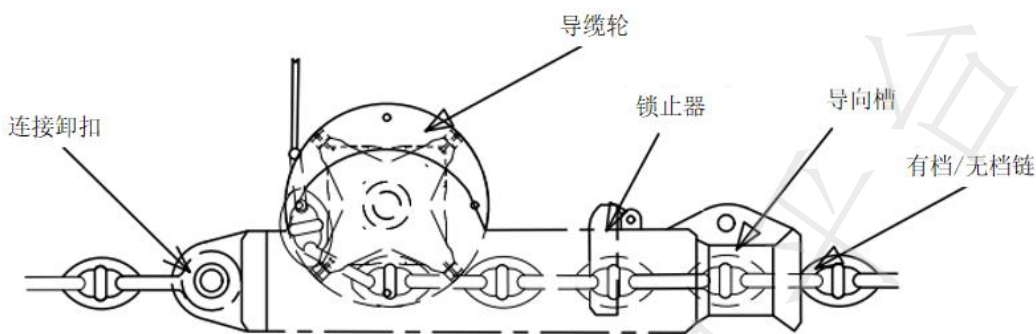


图1 系泊链在线张紧器

导缆止链器如图2所示。导向槽应实现系泊缆头部的自动定心和导引，锁止器应具有锁止系泊缆的功能，导缆轮应具有牵引转向功能，万向节应至少能在两个方向上调节张紧器的调度，底座应具备防倾覆功能。

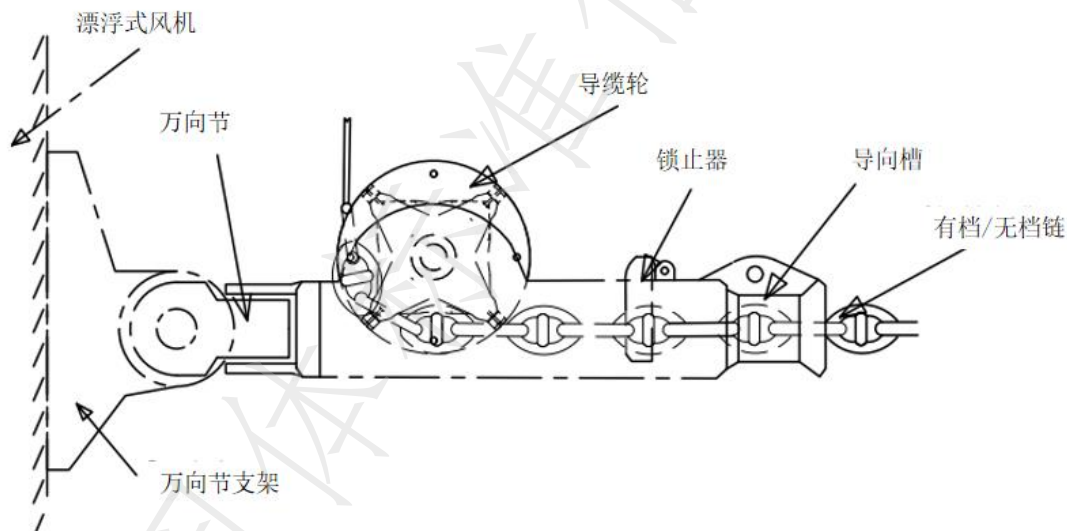


图2 系泊链导缆止链器

4.2.2 系泊缆张紧器

系泊缆张紧器由支架、导向槽、锁止器和导缆轮组成，如图3所示。导缆止链器还应包含一个万向节，海底张紧器还应包含一个底座。

导向槽应实现系泊缆头部的自动定心和导引，锁止器应具有锁止系泊缆的功能，导缆轮应具有牵引转向功能，万向节应至少能在两个方向上调节张紧器的调度，底座应具备防倾覆功能。

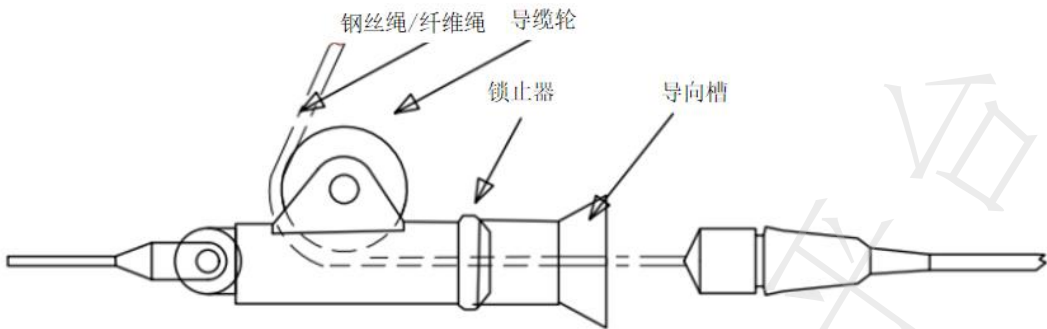


图3 系泊缆在线张紧器

4.3 标记

张紧器的型号表示方法为：和张紧器相连的系泊链或系泊缆的公称规格+张紧器代码。

- 示例1：连接公称规格 152 mm 链条的第一台在线张紧器标记为：152TC-B-01；
示例2：连接公称规格 100 mm 纤维绳的第三台海底张紧器标记为：100TR-I-03。

5 设计

- 5.1 张紧器锁止后可作为系泊线的一部分，其中支架、锁止器、万向节设计时应作为永久系泊部件，其他为临时系泊或安装部件。设计时应考虑各组件的破断承载能力，永久系泊部件还应考虑疲劳安全系数。
- 5.2 张紧器的临时安装部件，如导向槽或导向轮等，仅用于系泊线的临时预张紧，计算的最大应力应小于材料屈服强度的 0.75 倍。
- 5.3 张紧器的永久系泊部件，包括锁止器、万向节、支架等，设计破断负荷与系泊线的破断负荷一致，计算的最大应力应小于材料屈服强度的 0.9 倍。
- 5.4 张紧器永久系泊部件的疲劳寿命需满足漂浮式风机的服役周期，疲劳安全系数为 10，即计算得到的疲劳寿命至少为设计服役周期的 10 倍。
- 5.5 张紧器通常安装于海水中，材料性能按最低温度 0℃考虑。若张紧器被安装于水面上，需要根据最低环境温度设计及选材。
- 5.6 张紧器的设计时应考虑腐蚀和海生物附着对性能产生的影响。张紧器应预留腐蚀余量，确保在服役寿命结束时结构强度依然达到设计的破断负荷。表面涂装按设计的服役寿命进行或者采用牺牲阳极的保护措施。

6 要求

6.1 材料

- 6.1.1 锁止器应采用高强度铸钢或锻钢制造。铸钢技术要求参见 ISO 9477，锻造材料选用 GB/T 20848 中相应强度的牌号。锻造材料力学性能应满足表 2 的要求。

表2 锻造材料力学性能

级别	屈服点 $\sigma_{P0.2}$ 不小于/ (MPa)	抗拉强度 σ_b 不小于/ (MPa)	伸长率A 不小于/ %	断面收缩率Z 不小于/ %	夏比V型缺口冲击试验 平均冲击功不小于/J	
					试验温度/℃	母材
R3	410	690	17	50	0	60
					-20	40
R3S	490	770	15	50	0	65
					-20	45
R4	580	860	12	50	-20	50
R4S	700	960	12	50	-20	56

表 2 锻造材料力学性能（续）

级别	屈服点 $\sigma_{P0.2}$ 不小于/ (MPa)	抗拉强度 σ_m 不小于/ (MPa)	伸长率A 不小于/ %	断面收缩率Z 不小于/ %	夏比V型缺口冲击试验 平均冲击功不小于/J	
					试验温度/℃	母材
R5	760	1000	12	50	-20	58
R6	900	1100	12	50	-20	60

注1：屈服强度和抗拉强度的比值建议范围0.85~0.95。
注2：R4S级硬度值不超过HB330，R5级硬度值不超过HB340，R6级硬度值不超过HB375。
注3：抗拉强度的上限不超过标准规定的最低值+150 Mpa。

- 6.1.2 轴类部件应选用合金钢或不锈钢材质的轧制棒料或锻件。
- 6.1.3 支架或导向槽部件应选用易焊接的高强度轧制钢板制造，屈服强度应不低于 355 MPa。
- 6.1.4 导向轮应采用铸造方式生产或者使用高强钢板焊接。铸钢技术要求参见 ISO 3755、ISO 9477；若采用焊接形式，则钢板屈服强度应不低于 355 MPa。
- 6.1.5 万向节采用铸造或者锻造方式制造。铸钢技术要求参见 ISO 9477；锻造材料选用 GB/T 20848 中相应强度的牌号。
- 6.1.6 材料的选型应考虑张紧器的服役温度并按最低环境温度进行冲击性能试验。

6.2 拉力

张紧器的永久系泊部分如支架、万向节、锁止器在出厂前应经过拉力负荷试验，产品应能够承受系泊线规定的拉力负荷而不开裂。拉力负荷按GB/T 20848相应规格系泊链的拉力负荷。

6.3 加工质量

- 6.3.1 拉力试验后对所有张紧器的部件进行磁粉检查。张紧器的表面应没有裂纹等表面缺陷。焊缝表面应没有超过 GB/T 26952 中 2 级验收等级的指示。锻件表面不应有超过 1.6 mm 的横向相关线性指示、超过 3.2 mm 的纵向相关线性指示和超过 4.8 mm 的相关非线性指示。
- 6.3.2 张紧器的全熔透焊缝和需进行超声波探伤。张紧器焊缝内部质量应至少达到 GB/T 29712 中的 2 级。锻件内部应无等于或大于 3 mm 平底孔参考距离振幅曲线的指示。
- 6.3.3 张紧器各部件之间应配合良好、相对转动灵活，锁止器可有效锁紧系泊链或系泊缆。带万向节的张紧器能按指定角度范围运动。

6.4 尺寸和公差

- 6.4.1 张紧器上铸件的尺寸和形状位置公差应满足 ISO 8062 要求。
- 6.4.2 张紧器上焊接件的尺寸和形状位置公差应满足 ISO 13920 要求。

7 试验方法

7.1 材料

- 7.1.1 张紧器的零部件，如支架、万向节、锁止器、导向槽和导向轮，在出厂前，应取样进行材料力学性能的检测；通常每组试样包括一支拉伸和三支冲击试样。
- 7.1.2 拉伸和冲击试样应取自主载荷方向最大截面，按图 4 切取试样。张紧器中的销轴应单独取样进行拉伸和冲击试验。铸件应从代表最大厚度且同炉热处理的附着试块上取样进行试验。

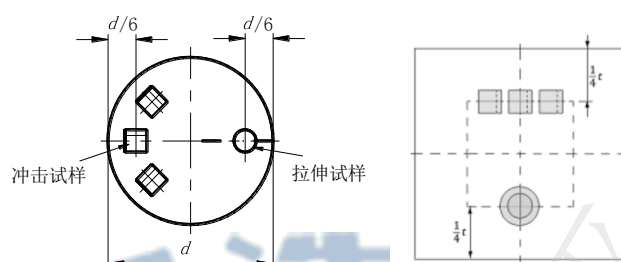


图4 连接装置的拉伸、冲击试样取样位置

7.1.3 拉伸试验按 GB/T 228.1 规定的方法，结果应符合 6.1 和设计要求。

7.1.4 冲击试验按 GB/T 229 规定的方法，结果应符合 6.1 和设计要求。

7.2 拉力试验

7.2.1 所有张紧器应逐个进行拉力试验。

7.2.2 将组装好的张紧器在拉力试验机上，试件中各连接装置的相对位置应正确，不应搓扭。施加规定的拉力负荷。卸去拉力负荷后，用目测的方法逐个检查每个部件。

7.3 加工质量

7.3.1 铸件表面应按照 ISO 11971 进行 100% 目视检测，结果应满足 6.3 的要求。

7.3.2 铸件按照 ASTM A609 标准要求进行超声波检查。

7.3.3 按 GB/T 15822 或其他认可的标准采用湿式连续方法检验锻件的表面质量，结果应满足 6.3 的要求。

7.3.4 按 GB/T 6402 或其他认可的标准采用直探头或斜探头检验锻件的内部质量，结果应满足 6.3 的要求。用于超声波检测的超声波对比试块应采用与锻件产品有相似化学成分和加工过程的材料制成。距离振幅曲线应基于 3 mm 的平底孔。

7.3.5 按 GB/T 26951 或其他认可的标准检验焊缝的表面质量，结果应满足 6.3 的要求。

7.3.6 按 GB/T 11345 或其他认可的标准检验焊缝的内部质量，结果应满足 6.3 的要求。

7.4 尺寸公差

7.4.1 用量具测量张紧器各组成部件尺寸和公差，结果应满足设计图纸中对应的要求，

7.4.2 对零部件进行试装配，确保配合间隙满足设计图纸中对应的要求。

7.5 功能试验

7.5.1 张紧器在工厂内试验各转动部件转动的灵活性，并验证转动的角度能否满足设计的要求。张紧器的导缆孔能够实现在无额外设备辅助的情况下，通过牵引待张紧端链头，链节能够顺利通过导缆孔，并实现与链轮的正确咬合。张紧器链轮部分能够实现正向和反向旋转，保证链条顺利通过；链条通过止链块时，正向自由通过，反向自动锁止。紧器应在工厂内验证链条回退与再次张紧的功能，确保当产品出现过张紧的情况后，链条回退与再次张紧的功能有效。

7.5.2 万向节舌板与长轴、舌板与卸扣销轴、卸扣本体与卸扣销轴进行试组装，并进行转动试验，要求摆动无卡滞、阻挡现象。

8 检验规则

8.1 检验分类

张紧器的检验分为型式检验和出厂检验。

8.2 型式检验

8.2.1 检验时机

张紧器有下列情形之一时应进行型式试验：

- a) 产品首次生产；
- b) 产品转厂生产；
- c) 产品结构、材料、工艺有较大改进；
- d) 主管部门或质量监督部门要求。

8.2.2 检验项目

张紧器型式检验的检验项目及顺序按表3。

表3 检验项目及顺序

序号	检验项目名称		要求的章条号	检验方法的章条号	型式检验	出厂检验
1	力学性能	拉伸	6.1	7.1	●	●
		冲击	6.1	7.1	●	●
2	拉力		6.2	7.2	●	●
3	加工质量	磁粉	6.3	7.3	●	●
		超声波	6.3	7.3	●	●
4	功能试验		6.3	7.5	●	○
5	尺寸和公差		6.4	7.4	●	●

注：●必检项目，○协商检验项目。

8.2.3 检验样品数量

试样取样数量参照表4。

表4 取样数量

序号	检验项目名称		取样数量	
			张紧器	导缆止链器万向节
1	力学性能	拉伸	1组，包括支架、导缆轮、锁止器和销轴	1组，包括本体和销轴
		冲击		
2	拉力		逐个	逐个
3	加工质量	磁粉	逐个	逐个
		超声波	逐个	逐个
4	功能试验		逐个	逐个
5	尺寸和公差		逐个	逐个

8.2.4 判定规则

- 8.2.4.1 张紧器的型式检验项目全部符合要求，则判定张紧器型式检验合格。若有个别项目不符合要求，可重新取样复验，若复验符合要求，仍判定张紧器型式检验合格。若复验仍不符合要求，则判定张紧器型式检验不合格。
- 8.2.4.2 如果张紧器拉伸试验不符合要求，可从同一试件中加倍取样进行复验。若复验符合要求，仍判定张紧器型式检验合格。如果复验中任何一个试样不符合要求，则判定张紧器型式检验不合格。
- 8.2.4.3 如果张紧器冲击试验不符合要求，可从同一试件中再取 1 组试样进行复验。将复验结果与原来的结果相加得到一个新的平均值，如果该值不低于规定的平均值，而且在这 6 个参与平均的单值中，低于规定平均值的单值不超过两个且只有一个单值低于该平均值的 70%，则判定张紧器型式检验合格。否则，判定张紧器型式检验不合格。
- 8.2.4.4 如果张紧器拉力试验不符合要求，则判定张紧器型式检验不合格。
- 8.2.4.5 如果张紧器表面有裂纹、划伤等缺陷，可采用打磨的方法去除，打磨深度不超过该部位尺寸的最大负公差，打磨后的张紧器应重新进行磁粉检验。若复验符合要求，仍判定张紧器型式检验合格。如果缺陷依然存在或尺寸超过公差要求，则判定张紧器型式检验不合格。

8.2.4.6 如果张紧器功能试验不符合要求,则将其进行返修。若返修后的结果符合要求,仍判定张紧器型式检验合格。如果返修后功能试验仍不符合要求,则判定张紧器型式检验不合格。

8.2.4.7 如果张紧器的尺寸和公差符合要求,则将其进行返修。若返修后的结果符合要求,仍判定张紧器型式检验合格。如果返修后尺寸和公差仍不符合要求,则判定张紧器型式检验不合格。

8.3 出厂检验

8.3.1 检验项目及顺序

系泊链出厂检验的检验项目及顺序按表3。

8.3.2 抽样方案

相同型式、规格、设计负荷且用于同一个浮体或风场的张紧器,数量不多于25个为一批。

8.3.3 判定规则

8.3.3.1 张紧器的出厂检验项目全部符合要求,判定出厂检验合格。若有个别项目不符合要求,可重新取样或修复后复验一次,若复验仍不符合要求,则判定该批张紧器出厂检验不合格。

8.3.3.2 如果张紧器拉伸试验不符合要求,可从同一试件中加倍取样进行复验。若复验符合要求,仍判定该批张紧器出厂检验合格。如果复验中任何一个试样不符合要求,则判定该批张紧器出厂检验不合格。

8.3.3.3 如果张紧器冲击试验不符合要求,可从同一试件中再取1组试样进行复验。将复验结果与原来的结果相加得到一个新的平均值,如果该值不低于规定的平均值,而且在这6个参与平均的单值中,低于规定平均值的单值不超过两个且只有一个单值低于该平均值的70%,则判定该批张紧器出厂检验合格。否则,判定该批张紧器出厂检验不合格。

8.3.3.4 如果张紧器拉力试验不符合要求,则判定该产品出厂检验不合格。

8.3.3.5 如果张紧器表面有裂纹、划伤等缺陷,可采用打磨的方法去除,打磨深度不超过该部位尺寸的最大负公差,打磨后的张紧器应重新进行磁粉检验。若复验符合要求,仍判定该产品出厂检验合格。如果缺陷依然存在或尺寸超过公差要求,则判定该产品出厂检验不合格。

8.3.3.6 如果张紧器功能试验不符合要求,则将其进行返修。若返修后的结果符合要求,仍判定该产品出厂检验合格。如果返修后功能试验仍不符合要求,则判定该产品出厂检验不合格。

8.3.3.7 如果张紧器的尺寸和公差符合要求,则将其进行返修。若返修后的结果符合要求,仍判定该产品出厂检验合格。如果返修后尺寸和公差仍不符合要求,则判定该产品出厂检验不合格。

9 标志

9.1 若采用分开发货,张紧器应在下述零部件位置打上标志:

- a) 张紧器支架;
- b) 张紧器导缆轮;
- c) 万向节本体;
- d) 所有销轴的端部。

9.2 若采用整体发货,则应在每个张紧器的醒目位置应打标志。

9.3 张紧器的标志内容:

- a) 制造厂代号;
- b) 张紧器型式代号;
- c) 张紧器或零部件的产品编号。