

ICS 27.180
CCS F 11

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB/T 10988—2022

海上风力发电机组基础附属构件设计要求

Design requirement for offshore wind turbine foundation accessories

2022-11-04 发布

2023-05-04 实施

国家能源局 发布



目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 技术要求	2
4.1 通用要求	2
4.1.1 一般规定	2
4.1.2 环境要求	2
4.1.3 连接要求	2
4.1.4 防腐蚀要求	3
4.1.5 安全要求	3
4.2 靠船件	3
4.2.1 材料要求	3
4.2.2 载荷要求	3
4.2.3 结构要求	3
4.2.4 制造安装要求	4
4.2.5 防腐要求	4
4.3 爬梯	4
4.3.1 材料要求	4
4.3.2 载荷要求	4
4.3.3 结构要求	4
4.3.4 制造安装要求	5
4.3.5 防腐要求	5
4.4 防护栏杆	5
4.4.1 材料要求	5
4.4.2 载荷要求	5
4.4.3 结构要求	5
4.4.4 制造安装要求	6
4.4.5 防腐要求	6
4.5 内、外平台	6
4.5.1 材料要求	6
4.5.2 载荷要求	6
4.5.3 结构要求	6
4.5.4 制造安装要求	6
4.5.5 防腐要求	7
4.6 J型管	7
4.6.1 材料要求	7

NB/T 10988—2022

4.6.2	载荷要求	7
4.6.3	结构要求	7
4.6.4	制造安装要求	7
4.6.5	防腐要求	7

前 言

本文件按 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。

本文件由国家能源局提出。

本文件由能源行业风电标准化技术委员会风电机械设备分技术委员会（NEA/TC 1/SC 5）归口。

本文件起草单位：上海电气风电集团股份有限公司、华能汕尾风力发电有限公司、中国长江三峡集团有限公司、浙江大学、北京鉴衡认证中心有限公司、中国质量认证中心、中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司、中国船舶重工集团海装风电股份有限公司、新疆金风科技股份有限公司、浙江运达风电股份有限公司、东方电气风电股份有限公司、国电联合动力技术有限公司、明阳智慧能源集团股份有限公司、国际铜业协会、北京乾源风电科技有限公司、国家电投集团科学技术研究院有限公司、中国华能集团有限公司、中国华能集团清洁能源技术研究院有限公司、揭阳前詹风电有限公司、华能国际电力江苏能源开发有限公司清洁能源分公司、中国船级社质量认证有限公司、中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司、上海绿色环保能源有限公司、上海能源科技发展有限公司、上海泰胜风能装备股份有限公司、库伯（天津）科技有限公司、福建福船一帆新能源装备制造有限公司、中际联合（北京）科技股份有限公司、江苏神华船舶工程有限公司。

本文件主要起草人：曹广启、王剑彬、张学礼、许移庆、王坤鹏、方攸同、李勇芝、王海光、闫东淼、朱彬彬、侯承宇、王菲、宋恭杰、刘世洪、袁凌、陈志刚、王大刚、庄严、严帅、孟鹏飞、叶昭良、腾明钧、杨立华、王树军、王晓东、黄琛、邓屹、陆辉、李明兴、高险峰、王磊、张庆伟、陈志虎。

海上风力发电机组基础附属构件设计要求

1 范围

本文件规定了海上风力发电机组基础附属构件（以下简称“附属构件”）的通用要求、材料要求、载荷要求、结构要求、制造安装要求、防腐要求等。

本文件适用于海上风力发电机组基础附属构件，海上升压站基础、海上换流站基础等海上风电基础的附属构件设计可以参照本标准执行。

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 1231 钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件
- GB/T 3098 （所有部分）紧固件机械性能
- GB/T 3632 钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副
- GB 4053.1 固定式钢梯及平台安全要求 第1部分：钢直梯
- GB 4053.3 固定式钢梯及平台安全要求 第3部分：工业防护栏杆及钢平台
- GB 50205 钢结构工程施工质量验收标准
- GB 50661 钢结构焊接规范
- GB/T 30790 （所有部分）色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护
- HG/T 2866 橡胶护舷
- JGJ 82 钢结构高强度螺栓连接技术规程
- NB/T 31006 海上风电场钢结构防腐蚀技术标准
- YB/T 4001.1 钢格栅板及配套件 第1部分：钢格栅板

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

基础 **foundation**

海上风力发电机组支撑结构的组成部分，将作用于结构上的载荷传递至海床。按照不同的型式分为重力式基础、单桩基础、多桩基础、高桩承台基础、导管架基础和漂浮式基础等。

3.2

附属构件 **accessory structure**

主要包括靠船件、爬梯、J型管、内平台和外平台结构，同时也包括根据不同风电场、不同风力发电机组设备运维需求设置的其他相应附属结构。

3.3

靠船件 **bumper**

满足船舶靠泊（不包含爬梯结构等）的附属结构，用于吸收船舶靠泊能量，可有效降低船舶靠泊对风力发电机组基础的作用力，为基础的安全与维护提供保证。

3.4

外平台 external platform

位于基础上部，用于临时或永久存放设备，运维人员休息、工作的钢结构设施。

3.5

内平台 internal platform

位于基础内部，用于放置设备、密封基础内部气体的结构设施。

3.6

J型管 J tube

为防止电缆受到损伤，保护在电缆外层，具有一定机械强度的保护管。

3.7

防坠速差器 fall arrester

用于攀登爬梯时防止人员意外坠落的装置，即使意外坠落也能快速有效地保障人员安全。

3.8

安全护笼 cage guard

安装在爬梯上，封闭梯子周围攀登空间防止人员坠落的框架结构。

4 技术要求

4.1 通用要求

4.1.1 一般规定

海上风力发电机组基础应根据工程海域靠泊条件、基础结构型式、运维船舶性能等设置靠泊防撞、系缆桩或系缆环设施。靠泊防撞构件及爬梯等易损构件宜按可更换原则设计。

附属构件的设计应根据工程场区水深、潮位及主导风向、浪向、流向，结合运维船舶工作特性综合确定，并应与塔筒门朝向、电缆开孔朝向、风力发电机组内部电气设备布置朝向等相协调。

爬梯系统应结合靠泊防撞构件设置，布置困难时可单独设置。

承重结构采用的钢材应具有抗拉强度、伸长率、屈服强度和硫、磷含量的设计要求，对焊接结构还应具有碳含量的设计要求。

4.1.2 环境要求

附属构件环境要求如下：

a) 环境气温： $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；

b) 相对湿度： $\leq 100\%$ 。

当超出 a)、b) 规定的环境条件时，应由制造商与用户签订专门的协议。

4.1.3 连接要求

附属构件应根据风电基础型式、材料等确定与基础主结构的连接形式。附属构件一般应采用焊接连接形式，焊接要求应符合 GB 50205 和 GB 50661 的规定。采用其他方式连接时，连接强度应不低于焊接强度。单桩基础采用套笼结构时，附属构件作为套笼的一部分，与套笼主结构连接。

附属构件与基础结构之间的连接和附属构件本身各构件之间的连接设计应按承载能力极限状态验算，建议取材料系数 1.25。

普通螺栓作为永久性连接螺栓时，应按 GB 50205 附录 B.0.1 的要求进行螺栓实物的最小载荷检验，其结果应遵守 GB/T 3098（所有部分）的规定。

高强度螺栓的质量标准应符合 JGJ 82、GB/T 1231 或 GB/T 3632 的规定。

4.1.4 防腐蚀要求

风力发电机组基础附属构件防腐设计年限应与风力发电机组的设计使用年限相匹配，防腐设计应符合 NB/T 31006 和 GB/T 30790（所有部分）的有关规定。

附属构件可采用但不限于采用增加腐蚀裕量、涂料保护、热喷涂金属涂层保护、阴极保护，以及阴极保护与涂层联合保护等防腐蚀措施。

附属构件在不同区域的防腐级别为：大气区——CX 级别、全浸区——Im4 级别、浪溅区/潮差区——CX 和 Im4 级别。

防腐所采用产品须满足维护修补的要求，宜具有如下功能：可施工于轻微潮湿的表面上；能够在潮起潮落间隙施工；能够水下固化。

4.1.5 安全要求

结构设计应方便运维、保证工作人员安全。工作人员通道、爬梯等结构的设计应防滑、防坠落，手接触区域应光滑，危险区域应设置安全标识。

4.2 靠船件

4.2.1 材料要求

靠船件主要材料包括钢材和橡胶两种，靠船件的钢材强度性能应不低于 Q355。靠船件的护舷一般采用橡胶材料，其性能要求应符合 HG/T 2866 的规定。

4.2.2 载荷要求

船舶靠泊载荷应根据运维船舶参数、风电场工程海流特性、可能的靠泊或撞击速度等确定。

靠船件等结构按照极限状态设计，荷载应取最大允许运维船舶在最恶劣运维海况下的冲击荷载，冲击荷载应按照可变荷载计算。对于正常靠泊工况，附属构件不应失去功能性；对于意外工况，附属构件可以破坏，但基础主体不能破坏。

4.2.3 结构要求

单桩和重力式基础应至少布置一套靠船件，导管架基础、高桩承台和漂浮式等基础应至少布置两套靠船件。靠船件宜沿主海流方向布置。若布置两套靠船件，宜对称布置。

靠船件应适应工程海域潮位变化特性，设置范围应参考设计高、低潮位，并考虑浪高和运维船舶干舷高度的影响。靠船件的上、下标高符合下列要求：

- (1) 潮间带海域：自海床面至设计高潮位以上至少 3.0 m；
- (2) 近海或远海海域：

下标高： $H_b = LAT - IE - Dr$ ，或 $DLWL - 1.0$

上标高： $H_u = HAT + IE + 0.8$ （或 F ），或 $DHWL + 3.0$

式中：

LAT ——最低天文潮位 lowest astronomical tide，单位为米（m）；

HAT ——最高天文潮位 highest astronomical tide，单位为米（m）；

F ——船舶干舷 Freeboard，单位为米（m）；

IE ——安装误差 installation error，单位为米（m）；

Dr ——吃水深度 draught，单位为米（m）；

DLWL ——设计低潮位 design low water level, 单位为米 (m);

DHWL ——设计高潮位 design high water level, 单位为米 (m)。

靠船件与爬梯的间距需要根据运维船的吨位、船头尺寸、爬梯宽度和基础表面布置等因素设计。一般情况下, 靠船件与爬梯的相对位置取值如图 1 所示。

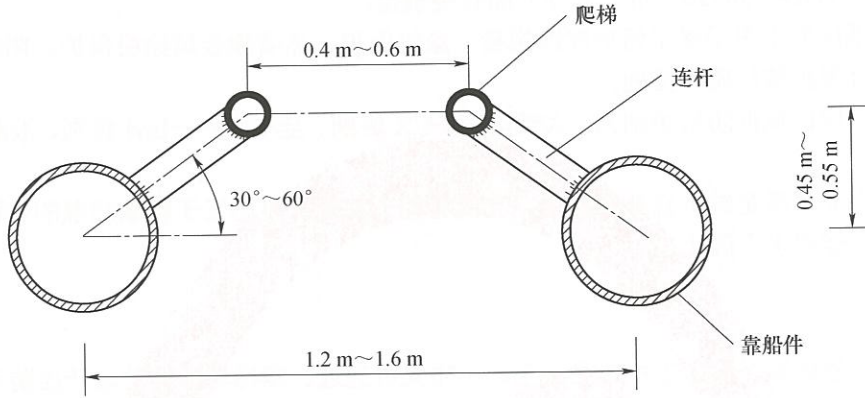


图 1 靠船件与爬梯相对位置示意图

爬梯与靠船件宜采用直杆连接或者弯杆连接。若采用直杆连接, 直杆的角度宜设为 $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 。靠船件间距宜设为 $1.2 \text{ m} \sim 1.6 \text{ m}$, 靠船件与爬梯竖梁的平行间距宜设为 $0.45 \text{ m} \sim 0.55 \text{ m}$ 。靠船件的直径宜大于 0.355 m 。

在垂向, 靠船件上应按一定间隔布置系缆桩, 桩帽应设置于靠船件靠近基础主体一侧。

4.2.4 制造安装要求

靠船件宜焊接在基础主体结构或连接基础的其他结构上, 若采用螺栓, 连接强度应达到焊接件的要求。

4.2.5 防腐要求

靠船件在不同部分区域的防腐级别要求为: 大气区——CX 级别、全浸区——Im4 级别、浪溅区/潮差区——CX 和 Im4 级别。

4.3 爬梯

4.3.1 材料要求

爬梯的材料一般为钢, 钢材的力学性能应不低于 Q235-B, 并具有碳含量合格保证。

4.3.2 载荷要求

梯梁设计载荷按组装固定后其上端承受 2 kN 垂直集中活载荷计算。在任何方向上的挠曲变形应不大于 2 mm 。

踏棍设计载荷按在其中点承受 1 kN 垂直集中活载荷计算。允许挠度应不大于踏棍长度的 $1/250$ 。每对爬梯支撑及其连接件应能承受 3 kN 的垂直载荷及 0.5 kN 的拉出载荷。

4.3.3 结构要求

爬梯布置应凹进基础一侧, 但与基础的间距宜大于 0.2 m 。爬梯至少要设置两对支撑, 将梯梁固定在基础结构上。

爬梯与水平面的夹角、周围空间、爬梯相邻两对支撑的竖向间距、踏棍净宽度、踏棍间距、爬梯分段和安全护笼等应满足 GB 4053.1 的要求。踏棍宜采用方形截面，对于正方形截面建议截面旋转 45°，边长 25 mm。

爬梯应至少配置防坠速差器、安全护笼两者中的一项；若配置速差器，需预留安装接口。

4.3.4 制造安装要求

爬梯宜采用便于更换的安装方式，如螺栓连接。

4.3.5 防腐要求

爬梯在不同部分区域的防腐级别要求为：浪溅区/潮差区——CX 和 Im4 级别。

4.4 防护栏杆

4.4.1 材料要求

防护栏杆采用钢材的力学性能应不低于 Q235-B，并具有碳含量合格保证。

4.4.2 载荷要求

防护栏杆载荷应符合 GB 4053.3 的规定。

防护栏杆安装后，顶部栏杆在水平方向和垂直向下方向均能承受不小于 890 N 集中载荷和不小于 700 N/m 均布载荷。在相邻立柱间的最大挠曲变形应不大于跨度的 1/250。水平和垂直载荷不叠加，集中和均布载荷不叠加。

中间栏杆应能承受在中点圆周上施加不小于 700 N 水平集中载荷，最大挠曲变形不大于 75 mm。

端部或末端立柱应能承受在立柱顶部施加的任何方向上 890 N 的集中载荷。

4.4.3 结构要求

防护栏杆的高度、立柱间距和踢脚板等应参考 GB 4053.3 的有关规定。为便于吊物，外栏杆在吊机作业半径范围内应设置旋转开关门或可移除栏杆，开口宽度应不小于 1.5 m。外栏杆宜设置便于运维母船登陆的旋转开关门。

人员通行应采用自闭门，并应满足相邻护栏的要求。自闭门不需要踢脚板，应避免剪切和压碎点。尺寸应符合图 2。

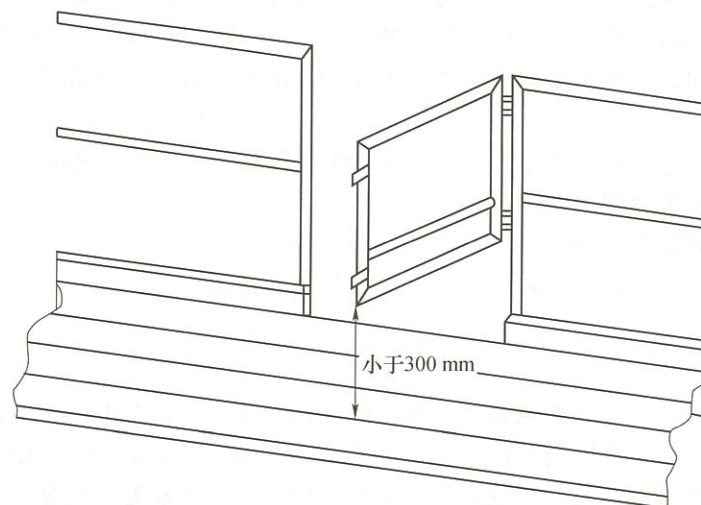


图 2 自闭门示意图

自闭门应该满足：

- (1) 自动关闭；
- (2) 保持在关闭位置，可不锁定；
- (3) 易于打开，靠止动块关闭牢实，以防用户推过止动块从开口处跌落；
- (4) 自闭门应该朝通道侧打开，自闭门打开后，通道至少还有 500 mm 的宽度空间，确保人员有足够的空间进入；
- (5) 自闭门应足够坚固，能够承受 90 kg 人员在垂直和水平方向上的全部重量。

4.4.4 制造安装要求

防护栏杆与钢平台宜采用焊接连接，焊接要求应符合 GB 50205 的规定。当不便焊接时，可用螺栓连接，但应保证设计的结构强度。安装后的防护栏杆与钢平台不应有歪斜、扭曲、变形及其他缺陷，表面光滑、无锐边、尖角、毛刺或其他可能对人员造成伤害或妨碍其通过的外部缺陷。

4.4.5 防腐要求

防护栏杆的防腐级别达到 CX 等级。防护栏杆开敞末端应该设置密封板防止内部腐蚀。

4.5 内、外平台

4.5.1 材料要求

内、外平台的材料一般为钢材，钢材的力学性能应不低于 Q235-B，并具有碳含量合格保证。

4.5.2 载荷要求

平台载荷应符合 GB 4053.3 的规定。

外平台能够支撑防护栏杆承受集中力或均布载荷，并且可以承载 4 kN/m^2 的均布载荷、 $0.1 \text{ m} \times 0.1 \text{ m}$ 区域 4 kN 的集中力。内平台可以承载不小于 3 kN/m^2 的分布载荷，并可以承受 $0.2 \text{ m} \times 0.2 \text{ m}$ 区域不少于 1.5 kN 的集中力。平台在设计载荷下的挠曲变形应不超过平台跨度的 $1/200$ 。

4.5.3 结构要求

内、外平台及爬梯设计应与风力发电机组制造商协调配合，满足基础与塔筒的接口的要求。

外平台宜采用钢格栅板结构、具备运维母船登陆的功能，内平台宜采用钢板。外平台辅助设备的底座结构应满足设备受力要求。外平台钢格栅板的铺设、间隙和防滑等应符合 YB/T 4001.1 的有关规定。平台通道宽度、上方空间、平台地板等应符合 GB 4053.3 的有关规定。物料堆放区应满足但不限于以下要求：

- (1) 物料堆放区域尺寸应至少为 $3.5 \text{ m} \times 5.0 \text{ m}$ ，设计承载应不小于 1.5 t/m^2 ；
- (2) 物料堆放区应位于塔门正前方；
- (3) 塔外吊机至少应覆盖靠船区；
- (4) 堆放区域及重载区域应有清晰边界标识和承载能力标识。

4.5.4 制造安装要求

外平台钢格栅板的尺寸偏差、承载扁钢与横杆的连接方式应符合 YB/T 4001.1 的有关规定。

内平台同时具有承载设备和密封基础内部气体的功能，需要根据不同的基础型式确定安装方式。内平台宜设置在基础顶法兰下面，满足作业要求。单桩基础内平台密封要求最高，高桩承台基础内平台的位置视塔筒与基础连接方式而定。

4.5.5 防腐要求

内、外平台的防腐级别达到 CX 等级。

4.6 J型管

4.6.1 材料要求

J型管宜采用钢材，其力学性能应不低于 Q235-B，并具有碳含量合格保证。

4.6.2 载荷要求

J型管可能承受波浪载荷、冰载荷、波流引起的涡激振动等，在上述环境载荷作用下应能保持完好使用。

4.6.3 结构要求

J型管设计应根据冲刷情况确定。J型管的尺寸和布置要满足电缆直径、转弯半径和施工进线的需要，内部不能有毛刺。

4.6.4 制造安装要求

J型管整体应固定牢靠，便于电缆的安装和施工。在电缆穿管完成后，应在 J型管喇叭口增设堵塞物塞紧电缆与喇叭口之间的空隙。

4.6.5 防腐要求

J型管不同部分区域的防腐级别要求：大气区——CX 级别、全浸区——Im4 级别、浪溅区/潮差区——CX 和 Im4 级别。

中华人民共和国
能源行业标准
海上风力发电机组基础附属构件设计要求
NB/T 10988—2022

*

中国电力出版社出版、印刷、发行
(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

*

2023年7月第一版 2023年7月北京第一次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 0.75印张 24千字

*

统一书号 155198·4858 定价 20.00元

版权专有 侵权必究
本书如有印装质量问题，我社营销中心负责退换



中国电力出版社官方微信

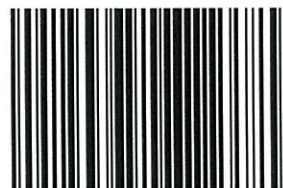


中国电力百科网网址



电力标准信息微信

为您提供最及时、最准确、最权威的电力标准信息



155198.4858