

ICS 27.180  
CCS F 11

NB

# 中华人民共和国能源行业标准

NB/T 10989—2022

## 海上风力发电机组偏航系统防腐设计要求

**Yaw system design requirements for permanent magnet wind turbine  
converters for offshore wind turbines**

2022-11-04发布

2023-05-04实施

国家能源局 发布



## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 运行环境 .....	2
4.1 腐蚀环境 .....	2
4.2 运行条件 .....	3
5 设计总则 .....	3
5.1 防腐等级要求 .....	3
5.2 防腐设计要求 .....	3
6 组件防腐技术要求 .....	4
6.1 偏航齿圈 .....	4
6.2 偏航制动器 .....	4
6.3 偏航驱动器 .....	4
6.4 偏航轴承 .....	5
6.5 润滑装置 .....	5
7 检验项目及要求 .....	5
7.1 结构与外观检查 .....	5
7.2 涂层厚度测试 .....	5
7.3 涂层附着力测试 .....	6
7.4 钢制作件盐雾试验 .....	6
8 检验要求 .....	6
8.1 检验类型 .....	6
8.2 型式试验 .....	6
8.3 出厂检验 .....	6

 中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

售后电话 010-58393253



扫码免费兑换电子书

[来源: GB/T 33630—2017, 3.1]

### 3.2

#### 腐蚀环境控制 corrosion environment control

对腐蚀速率起关键作用的环境因素(如腐蚀介质含量、温度、相对湿度、日照及降水等)进行控制,以降低环境的腐蚀性。

[GB/T 33630—2017, 3.2]

### 3.3

#### 偏航 yaw

风轮轴绕垂直轴的旋转(仅适用于水平轴风力发电机组)。

[来源: GB/T 18451.1—2012, 3.72]

### 3.4

#### 主动偏航 active yaw

采用电力或液压拖动完成对风作用的偏航方式。

[来源: JB/T 10405—2004, 3.1]

### 3.5

#### 被动偏航 passive yaw

依靠风力通过相关机构完成对风动作的偏航方式,常见的有尾舵、舵轮和下风向自动对风三种。

[来源: JB/T 10405—2004, 3.2]

### 3.6

#### 偏航驱动 yaw drive

风力发电机组主动偏航系统中偏航动作的驱动组件,通常包括电动机或液压马达、减速器、驱动齿轮等。

[来源: JB/T 10405—2004, 3.3]

## 4 运行环境

### 4.1 腐蚀环境

风力发电机组主要结构(塔架及以上结构)、部件处于海洋大气区,按照GB/T 30790.2的规定,海洋环境风力发电机组偏航系统所处腐蚀环境划分为舱外区、舱内区,见表1。

表1 海上风力发电机组腐蚀环境区域划分

区域名称	环境条件		特征	位置
	低碳钢腐蚀速率 <sup>a</sup> g/(m <sup>2</sup> ·a)	腐蚀性等级		
干洁区	≤400	≤C3	不受自然气候、海洋大气和海水影响,潮湿时间与腐蚀介质含量均处于较低水平	采用腐蚀环境控制措施的机舱内部
舱内区	>400 且≤650	C4	与海洋大气相通,不受阳光、雨、雪、露等污染物的直接侵蚀,潮湿时间或腐蚀介质含量至少有一个处于较高水平	采用罩壳保护的轮毂内、机舱内部、塔架内部
舱外区	>650 且≤1500	C5-M	暴露在海洋大气环境中,受阳光、雨、雪、露等污染物的直接侵蚀,温度、湿度变化大,潮湿时间和腐蚀介质含量均处于很高水平	机舱外部、塔架外部

<sup>a</sup> 经过第一年暴露后的单位面积质量损失值。

## 4.2 运行条件

### 4.2.1 使用环境条件

偏航系统位于机舱与塔筒连接处，腐蚀环境分别为表 1 的 C4 腐蚀性等级（舱内区）和 C5-M 腐蚀等级（舱外区）。

偏航系统的使用环境条件如下：

- a) 工作环境温度：常温型  $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，低温型  $-30\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 相对湿度：不超过 95%；
- c) 盐雾影响：有。

### 4.2.2 运行场所要求

偏航系统的运行场所要求如下：

- a) 工作环境中不宜有腐蚀、破坏绝缘的气体或其他介质，不宜有易燃易爆的介质，不宜有明显的及较严重的霉菌；
- b) 工作环境应避免雨、雪、砂的进入；
- c) 气候条件和使用场所满足 GB/T 14092.1、GB/T 14092.4、GB/T 14092.5、GB/T 14093.4 相关规定。

## 5 设计总则

### 5.1 防腐等级要求

在寿命期内，海上风力发电机组偏航系统各组件的耐腐蚀性等级见表 2，按照 GB/T 30790.5 设计其组件的防护涂层体系。

表 2 主动偏航系统腐蚀性等级要求

类型	主要系统组成	防腐等级要求	特殊要求
滑动偏航	偏航齿圈	≥C4	/
	偏航卡钳	/	防腐措施由供需双方技术文件决定
	偏航驱动	≥C4	/
滚动偏航	偏航轴承	≥C4	/
	偏航制动器	≥C4	/
	偏航驱动	≥C4	/

注 1：润滑装置整体满足 C4 腐蚀性等级要求。  
注 2：活动性部件防腐措施由供需双方沟通确定。

### 5.2 防腐设计要求

#### 5.2.1 总体要求

偏航系统依据表 2 中各组件所处区域腐蚀性等级进行防腐蚀保护，宜通过组件的结构工艺设计、涂层设计及联合设计防护措施，满足偏航系统的防腐等级要求。

防腐设计除满足各组件的防腐等级外，按照表 1 根据偏航系统所处外部腐蚀环境及风力发电机组设计使用年限，综合确定偏航系统各组件的防腐设计寿命。

### 5.2.2 防腐结构工艺设计

通过如下防腐结构工艺设计措施，提升偏航系统各组件的使用寿命：

- a) 整体结构形式力求简单；
- b) 在可能积水和留存湿气的空间开设排水孔、排气孔，不留死角；
- c) 尽量减少配合表面和搭接表面，焊接部位应采用连续焊缝并密封涂覆，不留缝隙；
- d) 构件需涂覆防腐时，形状和尺寸改变时应采用圆弧过渡，提高涂覆的工艺性；
- e) 相同结构尽量选用同一种金属材料，防止电偶腐蚀；
- f) 对于不宜进行防腐处理的易损件应设计为便于更换维护的结构形式。

### 5.2.3 防腐涂层设计

通过如下防腐结构设计措施，提升偏航系统各组件的使用寿命：

- a) 根据所处腐蚀环境区域合理选用耐蚀材料和涂覆保护，如涂料保护、热喷涂金属保护、热浸镀锌保护以及金属涂层与涂料联合保护等防腐蚀措施；
- b) 防腐涂层体系设计应综合考虑环境、结构特性、预期工作寿命、表面处理、涂装施工、经济合理性、维修和保养等因素的影响；
- c) 如防腐涂层设计采用规范以外的新材料、新工艺，耐盐雾、老化、湿热的性能指标满足相关技术规范要求，且须经有资质的检测机构认证并经过工程应用验证。

## 6 组件防腐技术要求

### 6.1 偏航齿圈

偏航齿圈除啮合齿表面与工作滑动面外，其他表面防腐等级达到 ISO 12944—2：2017 中 C4 等级，所选涂层或表面处理措施应具备耐油特性。

偏航齿圈表面防腐宜采用如下方式处理：

- a) 齿圈外表面采用喷锌处理，涂层喷涂前表面处理按照 ISO 8501—1：2017 中的 Sa3 级，锌层厚度  $100 \mu\text{m} \sim 200 \mu\text{m}$ ；
- b) 其余所有不喷涂表面宜涂抹防锈剂；
- c) 大的安装孔和吊装孔可以采用热喷锌涂层，如孔径较小，采用环氧涂料进行刷涂，在装配前加塑料塞保护；
- d) 喷锌时应对其他面作保护措施。

### 6.2 偏航制动器

偏航制动器表面防腐等级应不低于 C4，所选涂料类型应具有耐油、耐化学品的性能。

偏航制动器垫片要求锐角倒钝，表面处理按照 ZPS2363 执行，涂层厚度最小  $50 \mu\text{m}$ ，上下涂层厚度共计  $100 \mu\text{m}$ 。

除制动块的摩擦表面外，其他外露面耐腐蚀性能应不低于 GB/T 6461—2002 中规定的 3 级（保护评级与外观评级）。

### 6.3 偏航驱动器

偏航驱动器包括偏航驱动电机及偏航齿轮箱，除传动装置以外所有外表面应做有效的防腐保护。防

腐等级符合 ISO 12944—2: 2017, C4 等级。

偏航驱动电机安装面、安装孔及止口、输入端等安装面不宜涂漆，可涂防锈油，黄油嘴及油标显示位不宜涂漆。其余所有防腐表面防腐等级应按 ISO 12944—2: 2017 不低于 C4 等级，设计寿命满足 25 年耐久性范围。

偏航齿轮箱除规定不涂装区域外，其余所有表面都应做有效的防腐保护，干膜厚度要求参见表 3。

表 3 偏航驱动器涂层系统

漆层	涂料种类	干膜厚度
底漆	环氧富锌底漆	60 μm
中间漆	环氧云铁防锈	140 μm
面漆	聚氨酯面漆	60 μm
干膜总厚度	/	260 μm

注：推荐喷涂层及漆料选择仅作参考，由供需双方沟通后决定，满足防腐需求亦可。

#### 6.4 偏航轴承

风力发电机组偏航系统偏航轴承宜选用滚动轴承，应符合 GB/T 29717 的规定，除齿轮外的其余外露表面应按 GB/T 9793 规定的热喷涂防腐方式进行处理，海用轴承应进行喷漆处理，其具体防腐要求应满足表 4 的规定。当用户有特殊要求时，可采用满足性能要求的其他防腐方法。

表 4 轴承防腐要求（除齿轮外）

轴承防腐表面	防腐要求
安装表面和配合止口	锌层厚度为 100 μm~200 μm，厚度相互差应不大于 50 μm
非安装表面	锌层厚度为 100 μm~200 μm，并进行喷漆处理，漆层厚度应不低于 160 μm

注：油漆品牌和喷漆操作规范的选择由供需双方依据偏航轴承具体工作环境确定。

#### 6.5 润滑装置

偏航润滑系统包括润滑油泵、分配器、高压胶管、快速接头等零部件，其中润滑泵、分配器等金属材质零部件，表面防腐应符合 ISO 12944—2: 2017 中 C4 等级的要求。

### 7 检验项目及要求

#### 7.1 结构与外观检查

设备涂装后应对涂层外观进行目视检查：喷漆面应色泽均匀，平整光亮，无明显色差，无流挂、无漆雾、无针孔、无起泡、无漏涂、无污染等缺陷；热镀锌涂层表面应均匀一致，无起泡、裸露底材、翘皮等不良缺陷。

#### 7.2 涂层厚度测试

涂装后应按照 GB/T 13452.2 规定的方法进行涂层干膜厚度的测定，涂层厚度应不低于 260 μm。热镀锌涂层应按照 GB/T 9793 规定的方法进行涂层厚度测定，满足相应热喷涂金属覆盖层最小局部厚度要求。

### 7.3 涂层附着力测试

涂层附着力测试应按照 GB/T 5210 的规定，采用拉开法进行附着力的测定，测定值要求应不小于 5 MPa。

### 7.4 钢制件盐雾试验

钢制件盐雾试验应符合 GB/T 1771—2007 中 10 的规定。试验完成后，钢制件基体应无锈蚀痕迹，表面应无变色、起泡等现象，满足设计要求。

## 8 检验要求

### 8.1 检验类型

产品检验分为型式试验和出厂检验。

### 8.2 型式试验

有下列情况之一时，应进行型式试验：

- a) 产品型式认证时；
- b) 正常生产后，如结构、材料、工艺等有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 正常生产后的定期检验，其周期为 4 年；
- d) 产品停产超过上述规定周期后恢复生产时；
- e) 其他要求时（检验项目按相应规定）。

除第 7 章规定项目外，型式试验项目见表 5。

产品抽样的项目为 1 套，检验时不需分组。

### 8.3 出厂检验

每台产品均应进行出厂检验。

出厂检验应符合企业产品标准规定及表 5 的规定。

全部检验项目合格判定为出厂检验合格。

检验样品应符合第 5 章和第 6 章的要求。检验中允许对可调整的部分进行调整，检验中不允许更换元器件。进行一次调整后，样品符合各项要求后，判定为合格；若进行一次调整后，仍不合格的样品判定为不合格。

表 5 检验项目

检验项目	检验要求及方法	检验分类	
		出厂检验	型式试验
结构与外观检查	7.1	●	●
涂层厚度测试	7.2	○	●
涂层附着力测试	7.3	○	●
钢制件盐雾试验	7.4	○	●

注：必选检验“●”；可选检验“○”。



中 华 人 民 共 和 国  
能 源 行 业 标 准  
海上风力发电机组偏航系统防腐设计要求

NB/T 10989—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 0.5 印张 20 千字

\*

统一书号 155198 · 4859 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



155198.4859