

T/HEBQIA

团 体 标 准

T/HEBQIA XXXX—2025

海上风力发电机组基础钢结构防污损涂料

Coating of anti-fouling coatings for offshore wind turbine basic steel structure

(征求意见稿)

2025 - XX - XX 发布

2025 - XX - XX 实施

河北省质量信息协会 发布

目 次

前 言 II

1 范围 3

2 规范性引用文件 3

3 术语和定义 4

4 要求 4

5 试验方法 5

6 检验规则 7

7 标志、包装、运输和贮存 8

附 录 A （资料性） 涂层的涂装、维修及验收 9

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。

本文件由福建龙源海上风力发电有限公司提出。

本文件由河北省质量信息协会归口。

本文件起草单位：X X X X X X。

本文件主要起草人：X X X。

内部讨论资料 严禁非授权使用

海上风力发电机组基础钢结构防污损涂料

1 范围

本文件规定了海上风力发电机组基础钢结构潮差区和全浸区防污损涂料的要求、试验方法、检验规则、包装、标志、贮存及运输。

本文件适用于海上风力发电机组基础钢结构潮差区和全浸区使用的防污损涂料。

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 1728 漆膜、腻子膜干燥时间测定法

GB/T 1731 漆膜、腻子膜柔韧性测定法

GB/T 1732 漆膜耐冲击测定法

GB/T 3186 色漆、清漆和色漆与清漆用原材料 取样

GB/T 5208 闪点的测定 快速平衡闭杯法

GB/T 5210 色漆和清漆 拉开法附着力试验

GB/T 5370 防污漆样板浅海浸泡试验方法

GB/T 6742 色漆和清漆 弯曲试验（圆柱轴）

GB/T 6750 色漆和清漆 密度的测定 比重瓶法

GB/T 6753.3 涂料贮存稳定性试验方法

GB/T 7789 船舶防污漆防污性能动态试验方法

GB/T 9269 涂料黏度的测定 斯托默黏度计法

GB/T 9271 色漆和清漆 标准试板

GB/T 9272 色漆和清漆 通过测量干涂层密度测定涂料的不挥发物体积分数

GB/T 9278 涂料试样状态调节和试验的温湿度

GB/T 9750 涂料和颜料产品包装、标志、运输和贮存通则

GB/T 20777 色漆和清漆 试样的检查和制备

GB/T 23985 色漆和清漆 挥发性有机化合物（VOC）含量的测定 差值法

GB/T 23990 涂料中苯、甲苯、乙苯和二甲苯含量的测定 气相色谱法

GB/T 23992 涂料中氯代烃含量的测定 气相色谱法

GB/T 25011 船舶防污漆中滴滴涕含量的测试及判定

GB/T 26085 船舶防污漆锡总量的测试及判定

GB/T 31409 船舶防污漆总铜含量测定法

GB/T 31411 船舶防污漆磨蚀率测定法

GB/T 33395 涂料中石棉的测定

GB 38469-2019 船舶涂料中有害物质限量

IMO MEPC. 331(76) 《控制船舶有害防污底系统国际公约》附则（Amendments to the International Convention on the Control of Harmful Anti-Fouling Systems on Ships）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

潮差区 tide zone

海上风力发电机组基础钢结构在涨潮时浸在水下，落潮时在水线上的区域。

3.2

全浸区 immersion zone

海上风力发电机组基础钢结构始终浸在水下的区域。

3.3

防污损涂料 anti-fouling coating

防止海生物附着、蛀蚀、污损，保持浸水结构表面光洁的涂料。

4 要求

4.1 防污损涂料性能要求

本文件规定的防污损涂料应配套使用，防污损涂料的技术性能应符合表1的要求。

表 1 防污损涂料技术性能

项目	要求
颜色及外观	颜色均匀一致，无分层、无结块、无气泡
密度/(g/mL)	≤2.0
黏度/KU	≤120
闪点/℃	≥25
表面干燥时间/h	≤6
实际干燥时间/h	≤28
贮存稳定性（50℃，30天）	通过
不挥发物体积分数/%	≥50
挥发性有机化合物（VOC）的含量/（g/L）	≤350
甲苯含量/%	≤0.05
苯含量/%	≤0.01
卤代烃含量/%	≤0.01
乙二醇醚及醚酯总和含量 ^a /（mg/kg）	≤0.01
铜总量/%	≥40
锡总含量/（mg/kg）	≤5.0
滴滴涕（DDT）含量/（mg/kg）	≤0.05
石棉含量/%	≤0.1
西布曲尼含量/（mg/kg）	≤20
^a 限乙二醇甲醚、乙二醇甲醚醋酸酯、乙二醇乙醚、乙二醇乙醚醋酸酯、乙二醇二甲醚、乙二醇二乙醚、二乙二醇二甲醚、三乙二醇二甲醚	

4.2 防污损涂料涂层性能要求

防污损涂料固化后形成的涂层的技术性能应符合表2的要求，涂层的涂装、维修及验收应按照附录A进行。

表 2 防污损涂料涂层技术性能

检测项目	技术要求
附着力/（MPa）	≥3
耐冲击/（cm）	≥50
柔韧性/（mm）	≤2
弯曲试验/（mm）	≤2
磨蚀率/（μm/30d）	≥15
浅海浸泡性/分	≥90
动态模拟/分	≥90

5 试验方法

5.1 取样

按GB/T 3186规定进行取样，也可按商定方法取样。取样量根据检验需要确定。

5.2 试验环境

除另有规定外，试样的状态调节应符合GB/T 9278的规定。干燥时间、附着力项目应在GB/T 9278规定的条件下进行测试，其余项目按相关检验方法标准规定的条件进行测试。

5.3 试验样板的制备

5.3.1 基板及基板处理

除另有规定外，试验用基板的材质应符合表3的要求，马口铁板、喷砂钢板和玻纤板应符合GB/T 9271的规定。商定的基板材质和处理方法应在报告中注明。

5.3.2 试样的准备

按GB/T 20777的规定检查每一个试样。

按产品技术说明书规定的要求准备试样。

5.3.3 制板要求

除另有规定外，按表3的规定制备试板。采用不同的试板制备方法，应在试验报告中注明。

表 3 制板要求

检验项目	基板材质	基板尺寸/mm	涂装要求
漆膜外观、干燥时间	马口铁板	120×50×(0.2~0.3)	施涂 1 道，施涂方法和厚度由有关方商定
附着力	喷砂钢板	150×70×(5~7)	防污损涂料及配套体系进行样板制备，施涂道数、施涂间隔时间、施涂厚度等按有关方商定进行，养护时间为 7 天。
磨蚀率	喷砂钢板	100×60×(3~5)	
浅海浸泡性	喷砂钢板	380×250×(3~5)	
动态模拟实验	玻纤板	260×100×(3~5)	

5.4 防污损涂料性能

5.4.1 颜色及外观

打开容器，观察涂料颜色是否均一，并用调刀或搅拌棒搅拌后观察涂料的均匀程度，是否有硬块、分层和结皮等现象。应分别检验各组分。

5.4.2 密度

按照GB/T 6750的规定执行。

5.4.3 黏度

按照GB/T 9269的规定执行。

5.4.4 闪点

按照GB/T 5208的规定执行。

5.4.5 表面干燥时间

按照GB/T 1728的规定执行。

5.4.6 实际干燥时间

按照GB/T 1728的规定执行。

5.4.7 贮存稳定性（50℃，30 天）

按照GB/T 6753.3的规定执行。

5.4.8 不挥发物的体积分数

按照GB/T 9272的规定执行。

5.4.9 挥发性有机化合物（VOC）的含量

按照GB/T 23985的规定执行。

5.4.10 甲苯含量

按照GB/T 23990中的规定执行。

5.4.11 苯含量

按照GB/T 23990中的规定执行。

5.4.12 卤代烃总和含量

按照GB/T 23992中的规定执行。

5.4.13 乙二醇醚及醚酯总和含量

按照GB 30981.1的规定执行。

5.4.14 铜含量

按照GB/T 31409的规定执行。

5.4.15 锡总含量

按照GB/T 26085的规定执行。

5.4.16 滴滴涕（DDT）含量

按照GB/T 25011的规定执行。

5.4.17 石棉含量

按照GB/T 33395的规定执行。

5.4.18 西布曲尼含量

按照IMO MEPC.331（76）中的规定执行。

5.5 防污损涂层性能

5.5.1 附着力

按照GB/T 5210的规定执行。

5.5.2 耐冲击

按照GB/T 1732的规定执行。

5.5.3 柔韧性

按照GB/T 1731的规定执行。

5.5.4 弯曲实验

按照GB/T 6742的规定执行。

5.5.5 磨蚀率

按照GB/T 31411的规定执行。

5.5.6 浅海浸泡性

按照GB/T 5370的规定执行。

5.5.7 动态模拟

按照GB/T 7789的规定执行。

6 检验规则

6.1 检验分类

产品检验分为型式检验和出厂检验。

6.2 抽样规则

在同一批次材料中随机抽取三份样品(具体用量根据试验需要确定)作为检验样品,抽样产品应具有代表性,其他未抽样的产品也应满足本规范的要求。

6.3 出厂检验

每批出厂产品均应由质量检验部门进行检验,符合本文件的要求方可出厂,出厂检验项目包括颜色及外观、密度、表面干燥时间、实际干燥时间、不挥发物体积分数。

6.4 型式检验

型式检验项目包括本文件所列的全部技术要求。在正常生产情况下,每年至少进行一次型式检验。有下列情况之一时应进行型式检验:

- a) 新产品试制定型时;
- b) 原材料、工艺有重大改变而影响产品性能时;
- c) 老产品转厂或停产超过一年恢复生产时;
- d) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时;
- e) 国家市场监管部门提出进行型式检验的要求时。

6.5 结果判定

检验结果如有一项指标不符合本文件要求,应重新取双倍量样品进行复验,复检结果中仍有一项指标不符合要求,则该批产品为不合格品。

7 标志、包装、运输和贮存

按GB/T 9750的规定执行。

附 录 A
(规范性)
涂层的涂装、维修及验收

A.1 环境控制

环境控制应按下述方法进行：

- a) 防污损涂层涂装环境要求相对湿度 $\leq 85\%$ ，且基材温度高于露点 4°C 以上；
- b) 雨、雪、雾及大风等天气环境下不应在室外施工。

A.2 基材表面处理

基材表面处理应按下述方法进行：

- a) 基材表面已完成防腐涂层及面漆的涂刷，且达到工艺质量要求；
- b) 防腐涂层及面漆表面不应有锐边、裂纹、分层、脱皮及涂层不能掩盖的熔痕等缺陷，除去附着于表面的杂质，用稀释剂或清洗剂除去脱模剂、油污等污垢，满足涂料在非金属表面的涂装要求。

A.3 涂装

涂装应按下述方法进行：

- a) 选用的涂料产品应由供应商提供出厂的产品合格证、第三方检验报告和产品使用说明书；
- b) 只应使用同一涂料供应商提供的涂料产品，涂料供应商应提供符合国家或行业标准的产品，产品出厂应附有该批产品的检验报告以及涂装施工工艺；
- c) 涂料调配时应采用电动或气动搅拌装置将涂料搅拌均匀。对于双组分或多组分涂料，应先将各自组分分别搅拌均匀后，再严格按照供应商的产品说明书规定的比例进行调配。混合后涂料的熟化时间和使用期按照产品说明书的规定执行；
- d) 按产品技术说明书要求的工艺进行防污损涂料的涂装。应根据涂料的物理性能、施工条件和被涂零件结构的形状选择涂装工具及方法，大面积涂装应选用高压无气喷涂或空气喷涂。刷涂适用于小面积施工以及零件边角、螺栓头等不易喷涂区域的涂装和补漆；
- e) 大面积喷涂前，应用刷子把所有的焊缝、角落、内倾角、梁边等部位、以及喷涂工艺不容易喷到的区域预先刷一遍带状漆，以达到设计要求的覆盖率和涂层厚度。根据防污损涂层厚度要求，可分道多次喷涂或一次喷涂，其原则是符合设计的漆膜厚度要求；
- f) 每道涂层的涂装间隔时间应符合涂料产品的特性和供应商的技术要求。超过最大涂装间隔时间，应进行表面拉毛和清洁处理后才能涂装；
- g) 涂装后应对涂层进行必要的防护，固化前应避免暴晒、雨淋及损伤。涂漆的零部件在转运时应确保漆膜完全硬化和干燥并采取必要的防护措施，转运的金属工装和工具都不应直接触碰到涂层。

A.4 涂层维修

涂层维修应按下述方法进行：

- a) 在出厂运输和安装前，所有损伤的涂层和发现缺陷的涂层都应进行修复完好，包括运输、装卸、焊接、切割以及其它机加工和火工作业等造成的涂层损伤及涂层缺陷；
- b) 完工的涂层因意外造成局部损伤或者存在涂层缺陷需要进行修复时应按照原涂层结构涂装修复；
- c) 涂层修补工作开始前，承包商应检查和确定破损的涂层区域，首先对漆膜损伤进行评估并制订修补计划。修补时从损坏的涂层开始，应轻轻打磨损伤部位的周边完好涂层，并打磨成平滑的过渡层，保证修补区域的平滑过渡；
- d) 涂层修补时采用手工或动力机械工具进行打磨，磨至涂层损伤区域的底层。并按照原涂层结构和油漆材料进行修补施工，修补的漆膜厚度和颜色与未修补区域基本一致，且修补的总膜厚不低于邻近未破损区域总膜厚的 80%；
- e) 应根据基础钢结构桩基的运输和吊装需要，以合适的方法进行吊装、运输和搬运。除批准的吊点外不应在涂漆表面上直接采用钢性的吊具以及钢性的装载和运输辅助装置（带、链、绳或类似的材料），且包装用的金属部分和搬运的工具都不应直接触碰到涂装好的防污损涂层；
- f) 在涂层固化到可接受的硬化程度前不对零部件进行任何损坏表面涂层的操作，应在防污损涂层完全硬干后搬运以防止搬运过程中的损伤，零部件也应在涂装的漆膜完全硬化后发往用户。

A.5 质量检查

防污损涂料完成涂装过程中，应进行湿膜厚度的检测；涂装完成后，进行外观检查、漏点检查、干膜厚度检测及附着力检测，具体要求如下。

A.5.1 湿膜厚度

检测方法：施工过程中，按照GB/T 13452.2规定的方法，随时采用梳规或轮规对湿膜厚度进行检测。

检测要求：湿膜厚度应为设计值的80%以上。

A.5.2 外观检查

检测方法：在自然光线（非太阳光直射）下，用肉眼或矫正视力目测漆膜颜色和外观，经过协商也可采用放大镜（5倍～10倍左右）进行观察。

检测要求：颜色均匀一致、无流挂、气泡、锈蚀、剥落、粉化、渗色、咬边或皱皮、缩孔或鱼眼、白化、或擦伤等异常现象。

A.5.3 漏点检查

检测方法：采用低压湿海绵针孔检测仪（低压直流型）检测防污损涂层针孔（漏涂点和气泡）。

检测要求：检测漏涂点宜由供需双方协商一致后确定，并商议漏涂点的测量范围和合格要求。若检测出的漏点（或气泡）等施工缺陷，则应按照相关规定进行修补。

A.5.4 干膜厚度

检测方法：

- a) 按照 GB/T 13452.2 的规定，可以采用磁感应法（或涡流法）涂层测厚仪检测漆膜的干膜厚度，也可采用（超声波）涂层测厚仪检测整个涂料体系每一层的干膜厚度，检测前应采用标准厚度膜片对测厚仪进行校准；
- b) 连续涂装施工的所有表面作为一个检测区域，检测区域内的测点数量应符合表 A.1 的规定；

表 A.1 检测区域内的测点数量和允许重复测量次数

检测区域面积或长度S/L (m ² 或m)	最少测点的数量 (个)	允许重复的测量次数 (次)
≤1	5	1
1<S/L≤3	10	2
3<S/L≤10	15	3
10<S/L≤30	20	4
30<S/L≤100	30	6
>100	每增加100m ² 或100m或增加一个构件，相应增加10个测点	最少测点数量的20%

- c) 对于难以施工的区域应适当增加测点的数量，测点的位置应均匀分布在整个检测区域内，检测区域内允许的重复测量次数应符合表 A.1 的规定；
- d) 一点的读数应以该点为圆心、20 mm 半径范围内其他 3 个测点的平均值，并按照标准 GB/T 13452.2 的规定进行。

检测要求：干膜厚度应为设计值80%以上。

A.5.5 附着力检测

检测方法：

- a) 在同步涂装施工后的样板上进行，并且附着力测试应在漆膜完全硬干后（固化 7 d～10 d 以上）才可进行；
- b) 对于制作测试附着力的样板，样板的尺寸宜为：长×宽=300 mm×200 mm、板厚不低于 5 mm。同一项目的首套塔架（或钢构件）宜同步制作不少于 3-5 块样板；
- c) 每块样板的附着力检测不少于 5 个测点，附着力检测区域内的有效测点数量应符合表 A.2 的要。5 个测点的位置宜分布成“X 形”。如果 5 个测点有 1 个～2 个测点的首检不合格，则在此测点的周围 50 mm 区域内重新取 2 个测点进行复检；若复检后仍有 1 个测点不合格，则说明样板的附着力检测不合格。如果 5 个测点有 3 个及以上测点的首检不合格，则说明样板的附着力测试不合格。在检测不合格的情况下应由供需双方协商在塔架筒体上重新检测。

表 A.2 附着力检测区域内的有效测点数量

检测区域面积 (m ²)	最少有效测点数量 (个)
≤1000	5个, 500 m ² 及以下不少于5个
>1000	10个, 每增加500 m ² 增加5个测点

检测要求：防污损涂层附着力应不小于3 MPa。

A.6 验收

防污损涂料涂装完成后，施工方应至少提供以下验收资料：

- a) 涂料检测报告；
- b) 施工过程中的影像记录；
- c) 施工报告；
- d) 涂装施工过程中对重大技术或涂装质量问题处理的记录；
- e) 补漆修复施工的返工记录；
- f) 其它涉及涂装施工和涂层质量检查的相关记录。